

Phys. g.

189

lm

Phys. g. 189 bm

Faeger

Bayerische Staatsbibliothek



<36646311870017

Grundzüge

der

Geschichte der Naturwissenschaften

von

Otto Jaeger,

Rektor der Kgl. Realanstalt in Cannstatt.



STUTTGART.

PAUL NEFF VERLAG.

1897.

10172

1/9.92

Paul Neff Verlag in Stuttgart.

Lehrbuch der Weltgeschichte

für obere Klassen der Gymnasien und Realschulen
sowie zum Selbstunterricht

von

J. Dürr, Th. Klett und O. Treuber.

III. Teil: Neue Zeit.

Mit einem Anhang:

Die Verfassung des deutschen Reiches.

Bearbeitet von Prof. Dr. Th. Klett und Prof. Dr. O. Treuber.

30 Bogen 8°. Broschiert M. 3.—, gebd. M. 3.40.

Früher sind erschienen:

- I. Altertum.** Bearbeitet von Prof. Dr. J. Dürr, Prof. Dr. Th. Klett und Prof. Dr. O. Treuber. Ausgabe für Gymnasien: Brosch. M. 2.40. Gebd. M. 2.80. Ausgabe für Realschulen: Broschiert M. 1.60. Gebd. M. 2.—.
- II. Mittelalter.** Bearbeitet von Prof. Dr. Th. Klett und Prof. Dr. O. Treuber. Broschiert M. 1.80. Gebd. M. 2.20.

„Euer Wohlgeboren ist das unterzeichnete Sekretariat beauftragt, unter verbindlichstem Dank für die gütige Ueberreichung des Lehrbuchs der Weltgeschichte, I. Altertum, davon Mitteilung zu machen, dass die Kultministerialabteilung von demselben mit grossem Interesse Kenntnis genommen, und es ihrer Bibliothek einverleibt hat, sowie dass dieselbe etwaige Anträge der Lehrerkollegien auf Einführung des Buches nicht beanstanden wird.“

Stuttgart.

*Sekretariat der K. Kultministerialabteilung
für Gelehrten- und Realschulen.*

„Euer Wohlgeboren ist das unterzeichnete Sekretariat beauftragt, unter Verdankung der gütigen Uebersendung des Lehrbuchs der Weltgeschichte, II. Mittelalter, davon in Kenntnis zu setzen, dass die K. Kultministerialabteilung das Werk ihrer Bibliothek einverleibt hat und in Anerkennung seiner Vorzüge etwaigen Anträgen auf Einführung desselben an Gelehrten- und Realschulen die Genehmigung nicht versagen wird.“

Stuttgart.

*Sekretariat der K. Kultministerialabteilung
für Gelehrten- und Realschulen.*

..... „Sie haben mir durch die gefl. Uebersendung des Lehrbuchs der Weltgeschichte I. für Gymnasien eine grosse Freude gemacht. Bei der ungeheuren Fülle von Stoff, der in dem Buche verarbeitet ist, bewunderte ich die Ordnung und Uebersichtlichkeit der Darstellung, durch welche es allein gelungen ist, im Schüler das Verständnis zu wecken und ihn für das Studium des Buches zu begeistern. Wissenschaftliche Tiefe und verständiges Lehrgeschick haben zusammengearbeitet, um den Schülern eine Aussteuer für das Leben mitzugeben. Ich wünsche Ihnen Glück zu dieser buchhändlerischen That, welcher die Anerkennung weit über die Grenzen Württembergs hinaus nicht fehlen wird.“

Stuttgart.

Oberstudienrat C. von Dillmann.

„Dass ich Ihnen für die Zusendung des Lehrbuchs der Weltgeschichte I., womit Sie mich in hohem Grade erfreuten, noch nicht gedankt habe, bitte ich mit meinem Interesse für die schöne, gediegene Arbeit gütigst entschuldigen zu wollen. Die durchaus zutreffende, schöne Beurteilung desselben durch Herrn Oberstudienrat von Dillmann hat mich deshalb um so mehr erfreut, als ich aus eigener Kenntnis des Buchs dieser Beurteilung in allen Stücken zustimmen kann. Ich wünsche demselben von Herzen diejenige Verbreitung, die es als wissenschaftliches Werk und als Schulbuch verdient und sicherlich finden wird.“

Stuttgart.

Oberstudienrat Dr. L. Ableiter.

Grundzüge

der

Geschichte der Naturwissenschaften

von

Otto Jaeger,

Rektor der Kgl. Realanstalt in Cannstatt.



STUTTGART.

PAUL NEFF VERLAG.

1897.



Hofbuchdruckerei Greiner & Pfeiffer, Stuttgart.

V o r w o r t.

Vorliegende Schrift verdankt ihren Ursprung zunächst der Aufforderung, die der Verfasser von der Verlagsbuchhandlung auf die freundliche Anregung des Herrn Oberstudienrats v. Dillmann in Stuttgart hin erhalten hat, zu dem dritten Bande des Geschichtswerks der Herren Dr. Dürr, Dr. Klett und Dr. Treuber eine kurze Geschichte der Naturwissenschaften in der Neuzeit zu liefern. Der Verfasser hat dieser Aufforderung um so bereitwilliger Folge geleistet, als er schon längst der Ueberzeugung ist, dass eine in zweckmässiger Weise durchgeführte, zusammenhängende geschichtliche Behandlung des Entwicklungsgangs der Naturwissenschaften zwar nicht das einzige, aber eines der besten Mittel bildet, um den ethischen Bildungswert, den das Studium dieser Wissenschaften in so reichem Masse bietet, zur Geltung zu bringen, und dass durch die historische Betrachtung des modernsten Wissensstoffs um die verschiedenen Gattungen der höheren Schulen, die sich in den letzten Jahrzehnten nur allzuhäufig unfreundlich gegenüberstanden, wieder ein vereinigendes Band geschlungen wird. Während der Ausarbeitung hat sich nun allerdings gezeigt, dass die Einschiegung einzelner Abschnitte in den übrigen Text des genannten Geschichtswerks, wie sie ursprünglich beabsichtigt war, aus äusserlichen Gründen nicht wohl angehe, und dass es zweckmässiger sei, der Darstellung des Entwicklungsgangs der Naturwissenschaften einen besonderen Anhang oder auch eine besondere selbständige Schrift zu widmen.

Verfasser und Verleger haben schliesslich das letztere vorgezogen, schon im Hinblick auf einen in Aussicht zu nehmenden praktischen Gebrauch der Schrift an den Oberklassen verschiedenartiger höherer Lehranstalten. Mit Rücksicht auf diese Veränderung des ursprünglichen Planes hat sich der Verfasser denn auch entschlossen, das Altertum und das Mittelalter, soweit letzteres hier überhaupt in Betracht kommen kann, in

den Bereich seiner Skizze zu ziehen. Damit war der Grundgedanke für die vorliegende Schrift festgelegt: sie will den Stoff bieten, der für Schüler der oberen und obersten Klassen höherer Lehranstalten notwendig ist, um eine Uebersicht über die allmähliche Entstehung der modernen Naturwissenschaften zu gewinnen; auch auf naturwissenschaftlichem Gebiete soll die Schule Anleitung dazu geben, das Sein aus dem Werden zu verstehen. Vielleicht mag das Büchlein auch sonst hie und da einmal einem Freunde derartiger Betrachtungen dazu dienen, sich über den einen oder andern Punkt rasch zu orientieren, ohne dass er genötigt ist, zu den grossen Specialwerken von Cantor, Wolf, Heller, E. Meyer, Baas, Carus, Sachs, Kobell u. a. zu greifen, oder etwa einem angehenden Studierenden der Naturwissenschaften einen vorläufigen, allgemein orientierenden Ueberblick über die Entwicklung des Gebietes gewähren, dessen Durchforschung er sich widmen will.

Aus dem Zweck der Arbeit ergaben sich für deren Ausführung und besonders für die Ueberwindung der zwei Hauptschwierigkeiten, die hier in Betracht kommen, nämlich für die Auswahl und die Anordnung des Stoffs, schon bestimmtere Anhaltspunkte.

Bezüglich der Anzahl der aufzunehmenden Einzelangaben stand dem Verfasser von vornherein fest, dass er sowohl nach unten wie nach oben eine bestimmte Grenze nicht überschreiten dürfe, wenn das Büchlein auch nur einige Aussicht auf praktische Verwendung beim Unterricht haben solle. — Nach unten durfte nicht zu weit gegangen werden, wenn das Ganze nicht jede Farbe verlieren und für den einzelnen Fachlehrer nutzlos werden sollte. Es musste also doch im allgemeinen wenigstens das aufgenommen werden, was schon bisher thatsächlich, wenn auch in den meisten Fällen wohl nicht gerade planmässig den Schülern an historischen Notizen mitgeteilt worden ist; darüber hinaus aber auch dasjenige, was zum Verständnis des inneren Zusammenhangs der einzelnen Entwicklungsglieder notwendig schien, wenn es auch an sich vielleicht nicht gerade von grösserer Bedeutung war, als anderes, was übergangen wurde. — Weit schwieriger als die Begrenzung nach unten ist aber angesichts der ungeheuren, fast erdrückenden Fülle des Materials das Masshalten nach oben, und doch ist ein solches unbedingt geboten durch die Rücksichtnahme auf den Zweck und den in Aussicht genommenen Leserkreis des Buchs. Sobald dieses zu umfangreich wurde — darüber war sich der Verfasser als Schulmann vollkommen klar —, lag die

Gefahr nahe, dass es entmutigend wirkte; denn in einem solchen Falle pflegt die Folge nicht etwa die zu sein, dass das wirklich Nötige und Brauchbare unter Ausscheidung des Restes herausgelesen wird, sondern die, dass man das Ganze, im günstigen Fall mit einem Ausdruck des Bedauerns, beiseite schiebt.

Zwischen diesen beiden, durch die Natur des Gegenstands selbst gezogenen Grenzen ist nun aber allerdings noch ein weiterer Spielraum für die Willkür. Unzähligemale befindet man sich bei einer solchen Arbeit im Zweifel, ob die Aufnahme irgend einer Einzelheit geboten, erlaubt oder unzweckmässig sei, und gar häufig ist man in der Lage, unter mehreren Thatsachen nur eine, gewissermassen als Beispiel, herausgreifen zu dürfen, dagegen die übrigen, an sich vielleicht nicht minder wichtigen, übergehen zu müssen. Verschiedene Bearbeiter werden in einem solchen Falle sehr vielfach auch zu einer verschiedenen Auswahl gelangen, ganz abgesehen von der Rolle, welche die Vorliebe für die eine oder andere Seite der Naturwissenschaft, oft unbewussterweise, hiebei spielt. Der Verfasser hofft auch keineswegs, dass er mit seiner Auswahl jedermann befriedigen wird; dem einen wird er zu wenig, dem andern zu viel, dem dritten nicht das Gewünschte bieten. Wenn aber das Urteil der kompetenten Beurteiler dahin ginge, dass in dem hier zusammengestellten Stoff kein Punkt, der für den in Aussicht genommenen Zweck unentbehrlich ist, vollständig vernachlässigt sei, und dass sich andererseits mit Hilfe desselben bei geeigneter Behandlung dieser Zweck thatsächlich erreichen lasse, so wäre die Absicht des Verfassers erreicht.

Vor ein anderes Dilemma sieht man sich bezüglich der Anordnung des Stoffes gestellt. Nimmt man den fachwissenschaftlichen Standpunkt ein, so muss die Geschichte jeder einzelnen Disziplin in einem Zuge durchgeführt werden; die Einteilung in einzelne Perioden ist dann einfach und durch die Art der Entwicklung jedes Fachs gegeben. Nimmt man dagegen, was für Unterrichtszwecke ja auch seine Vorteile hätte, die übliche Einteilung der allgemeinen politischen Geschichte zum Muster, so muss die Geschichte jedes einzelnen Fachs in ebensoviele Hauptabschnitte und womöglich auch Unterabteilungen zerlegt werden, wie jene. Durch die erste Einteilung würde wohl der einzelne Fachmann am ehesten befriedigt werden; aber das geistige Band, das die verschiedenen Zweige der Naturwissenschaft unter sich verbindet, würde zerrissen, und damit ginge einer der mächtigsten bei der ganzen Sache in Betracht kommenden pädagogischen Faktoren verloren. Das andere Verfahren hingegen würde eine Art von synchronistischer Darstellung

zur Folge haben, durch die der Entwicklungsgang der einzelnen Wissenschaft verdunkelt und nur ein unnatürliches, wenig wirksames Mosaikbild hervorgebracht würde. Auch hier handelte es sich darum, einen Mittelweg einzuschlagen, und so befremdend dies auch auf den ersten Blick aussehen mag, die Zerlegung in Jahrhunderte schien dem Verfasser schliesslich diejenige, welche verhältnismässig der Gesamtheit der verschiedenen berechtigten Gesichtspunkte am besten Rechnung trägt.

Da man ja auch sonst im Unterricht wie im gewöhnlichen Leben die einzelnen Jahrhunderte, wenigstens die der Neuzeit, als eine Art historischer Individuen zu behandeln pflegt, deren jedes seinen besonderen Charakter hat, ohne letzteren jedem einzelnen Jahr vom ersten bis zum letzten beilegen zu wollen, so glaubte auch der Verfasser, aus den vier letztverflossenen Jahrhunderten je ein Gesamtbild herstellen zu dürfen, das einen hinlänglich grossen Zeitraum umfasst, um dem Betrachter eine Anzahl bedeutender Fortschritte und grosser Forscher gewissermassen als bezeichnende Merkmale zu bieten, und sich andererseits doch nicht soweit ausdehnt, dass die Uebersicht verloren ginge. Es schien dies um so zweckmässiger, als sich diese Bilder in ungezwungenster Weise in den schon vorhandenen, dem Geiste der Schüler gegenwärtigen und besonders bei kulturgeschichtlichen Ueberblicken vielfach verwandten Rahmen einfügen lassen. Dass dann wiederum das gesamte Altertum zu einem einzigen Bilde vereinigt wurde, an das sich das Mittelalter anschloss, dürfte wohl kaum beanstandet werden.

Zur Vermeidung von Missverständnissen möge es gestattet sein, zwei specielle Punkte der Ausführung mit einem Wort zu rechtfertigen. Einmal wurden nämlich den meisten Personennamen Geburts- und Todesjahr beigelegt (bezüglich deren sich allerdings nicht in allen Quellen durchweg übereinstimmende Angaben finden). Es sei ausdrücklich bemerkt, dass diese Ziffern in keiner Weise zum Behalten oder gar zum Memorieren bestimmt sind, sondern dass sie nur als die kürzeste Bezeichnungsweise für den Zeitraum, in dem der betreffende Forscher lebte und wirkte, angesehen werden mögen. Gerade bei der gewählten Einteilung in Jahrhunderte waren für das Verständnis des Entwicklungsgangs noch etwas nähere Zeitbezeichnungen notwendig, und Ausdrücke wie „am Anfange“, „in der Mitte“, „am Ende“ des oder jenes Jahrhunderts, oder „am Ende des einen und am Anfange des folgenden Jahrhunderts“ hätten doch bei öfterer Wiederholung ermüdend gewirkt.

Fürs zweite könnte die Hereinziehung der Medizin befremden. Der Verfasser ist aber der Ansicht, dass der Ent-

wicklungsgang gerade dieser Wissenschaft ausserordentlich instruktiv ist und dass ohnehin eine gewisse Bekanntschaft mit ihm für den Einblick in einzelne Zeiträume, z. B. in das iatrochemische Zeitalter, nicht entbehrt werden kann. Uebrigens war der Verfasser in diesem Fache ganz besonders bestrebt, die Darstellung so zu gestalten, dass das Verständnis des Ganzen und der verhältnismässig wenigen mitgetheilten Einzelheiten für Schüler, die dem naturwissenschaftlichen Unterricht an Oberklassen höherer Lehranstalten zu folgen im stande sind, keine Schwierigkeit bietet.

Was schliesslich die Art der Verwendung des vorliegenden Leitfadens anbelangt, so möchte der Verfasser in erster Linie feststellen, dass dem ganzen Geist seiner Arbeit nach bei der Behandlung des hier gebotenen Stoffs dem Schüler keinerlei weitere Last aufgebürdet werden soll, dass insbesondere keinerlei Memorierübungen, die Namen und Zahlen betreffen, daran angeknüpft werden dürfen. Das Ziel der Arbeit war, den geistigen, und zwar einerseits den geschichtlichen, andererseits den naturwissenschaftlichen Horizont des Schülers nach einer bestimmten Richtung hin zu erweitern und zu vervollständigen; zu diesem Zweck musste allerdings eine Anzahl von Personennamen erwähnt werden, aber nur insofern sie Träger und Repräsentanten bestimmter Gedanken und Entwicklungsstufen sind. Wenn bezüglich der letzteren im Geiste der Schüler einmal die nötige Klarheit erreicht ist, so mögen die untergeordneteren Namen und die einzelnen Zahlen auch wieder aus dem Gedächtnis entschwinden; die wirklich hervorragenden darunter werden wohl ohne eigentliche Memoriararbeit behalten werden.

Bezüglich der Verteilung des Stoffs auf die einzelnen Fächer, Klassen und Lehrer sind mancherlei Wege denkbar und es dürfte sich empfehlen, hiebei die Zusammensetzung des Lehrerkollegiums der einzelnen Anstalt zu berücksichtigen, jedenfalls so lange, bis der Gedanke, den der Verfasser hier in die didaktische Praxis einzuführen bestrebt ist, festen Fuss gefasst hat. Wünschenswert dürfte es allerdings sein, dass die Historiker und die Lehrer der Naturwissenschaften dabei Hand in Hand gehen, etwa so, dass die letzteren an passenden Stellen durch sachliche Besprechung der Einzelheiten den Grund legen, während die Historiker diese zusammenfassen und bei ihren kulturhistorischen Ueberblicken als wichtige Formen der Entwicklung des menschlichen Geistes berücksichtigen. Bei allseitigem gutem Willen dürfte eine derartige Verteilung wohl überall möglich sein; dass es wünschenswert ist, die Ent-

VIII

wicklung der Naturwissenschaften in der einen oder anderen Weise in den geschichtlichen Lehrplan der höheren Schulen aufzunehmen, darüber ist ja in der Theorie so ziemlich jedermann einig.

Mögen nun die Männer der Wissenschaft und der Schule diesen allerdings noch ziemlich vereinzelt dastehenden Versuch wohlwollend aufnehmen und seine Mängel mit der guten Absicht des Verfassers einerseits und der Schwierigkeit der Aufgabe andererseits entschuldigen!

Cannstatt im Juli 1897.

Jaeger.

Altertum und Mittelalter.

Wenn man die Geschichte der naturwissenschaftlichen Forschung, soweit sie hinter dem XVI. Jahrhundert zurückliegt, überblickt, so kann man im Grossen und Ganzen drei allerdings sehr ungleichartige und verschiedenwertige Perioden unterscheiden, nämlich das griechische Altertum (die Römer haben auf naturwissenschaftlichem Gebiet nichts Selbständiges geleistet), die Blütezeit der Araber und das spätere Mittelalter.

Die erste Periode ist charakterisiert durch eine naive, anfänglich ganz unkritische Naturbeobachtung, deren Resultate, dem spekulativen Zug des griechischen Volkes entsprechend, in philosophische Systeme eingefügt wurden, eine Vermengung von Naturforschung und Metaphysik, durch welche eine gesunde Weiterentwicklung der ersteren über bestimmte Grenzen hinaus von vornherein abgeschnitten war; doch beginnt schon mit Aristoteles die Zergliederung des Gesamtwissens von der Natur in einzelne Wissenszweige. Zur wirklichen Naturwissenschaft im heutigen Sinne des Wortes schwang sich die griechische Kultur in ihrer letzten Phase auf, im Zeitalter der Alexandriner, das sich bis ins VII. Jahrhundert unserer Zeitrechnung erstreckte (Zerstörung Alexandriens 642), und zwar ist es speziell die Mathematik mit ihrer Anwendung auf Mechanik, geometrische Optik und vor allem Astronomie, in der die antike Naturforschung ihren Höhepunkt erreichte. — In der zweiten Periode, die man etwa von der Mitte des VIII. bis zur Mitte des XI. Jahrhunderts rechnen kann, also zu einer Zeit, in der das christliche Europa den Sinn für Wissenschaft fast vollständig eingebüsst hatte, waren die Araber die Hüter und Pfleger der Naturwissenschaft, und zwar teils im Orient

(Bagdad), teils in Spanien. Ihr Verdienst besteht bei ihrem vorwiegend receptiven Charakter, nicht sowohl in einer wesentlichen Erweiterung des naturwissenschaftlichen Systems, als in der Aneignung und Verarbeitung der fremden, besonders griechischen Wissensschätze, und der Anstellung zahlreicher, fleissiger und verhältnismässig genauer Einzelbeobachtungen, wobei auch sie das Gebiet der Astronomie bevorzugten. — In der dritten Periode endlich, dem späteren Mittelalter, beginnt sich die Naturkenntnis von dem tiefen Stande, auf dem sie im IX. und X. Jahrhundert im christlichen Europa angekommen war, dank der Pflege, die ihr in den Klöstern und nach der Gründung der Hochschulen auch an diesen zu teil wurde, allmählich wieder zu erheben; jedoch tritt die ganze scholastische Denkweise jener Zeit der selbständigen Forschung noch hemmend entgegen, und über dem Studium der naturwissenschaftlichen Litteratur des griechischen Altertums, die als unanfechtbare Autorität betrachtet wurde, vernachlässigte man das Studium der Natur selbst.

1. Mathematik.

Mit der ersten Entwicklung der Kultur beginnt naturgemäss auch die der Mathematik. Wir haben daher die Grundlagen zu letzterer schon bei den Aegyptern und Babyloniern zu suchen; jedoch kann erst in der griechischen Zeit von eigentlicher mathematischer Wissenschaft gesprochen werden.

Als Zahlzeichen benutzten die Griechen in der ältesten Zeit die Anfangsbuchstaben der Grundzahlen (*I, II, Δ, H, X, M*, „Herodianische“ Zahlzeichen, verwendet von dem Grammatiker Herodianus, II. Jahrhundert n. Chr.), dann, vom V. Jahrhundert v. Chr. an, die 24 Buchstaben ihres Alphabets. Der Bruchstrich war unbekannt. Die Brüche wurden im allgemeinen in der Art ausgedrückt, dass man auf den einmal gestrichenen Zähler den zweimal gestrichenen Nenner folgen liess; bei Stammbrüchen blieb der Zähler weg. — Die bekannten römischen, wahrscheinlich von den Etruskern herrührenden, heute noch hie und da benutzten Zeichen wurden unter eigentümlicher Verwendung der Subtraktion zusammengestellt. — Die Erfindung und Ausbildung des modernen Positionssystems, sowie die Einführung der Null (letztere sicher nachgewiesen erst um 400 n. Chr.) ist ein Verdienst der Inder. — Aus den „Gobarziffern“ der Westaraber, die im VIII. Jahrhundert mit dem indischen Zahlensystem bekannt ge-

worden waren, bildeten sich allmählich die modernen Ziffern heraus, die jedoch erst im XV. Jahrhundert (bei Inschriften u. dergl.) allgemeiner verwendet zu werden begannen, und vom XVI. Jahrhundert an in Westeuropa die gewöhnliche Rechen-schrift bildeten, während man sich zuvor der römischen Bezeichnung (also auch keiner Null) bedient hatte.

Das Rechnen der Griechen und Römer, welch letztere in ihrer Bruchrechnung das mit ihrer Münzeinteilung zusammenhängende Duodezimalsystem benützten, war teils Fingerrechnen, teils Rechnen auf dem Rechenbrett (abax, abacus). Letzteres enthielt im wesentlichen zwei Reihen von Vertikalstrichen, auf denen durch Marken die Zahl der in Rechnung stehenden Einheiten bezeichnet werden konnte; in der einen Reihe gab jeder Vertikalstrich seinen Marken einen gewissen, von rechts nach links aufsteigenden Wert (1, 10, 100 etc.); jede Marke eines oberen Vertikalstrichs bedeutete das Fünffache der Marke des darunter stehenden Strichs. — Den Indern und nach ihrem Vorgange den Westarabern ermöglichte ihr Positionssystem schon zweckmässigere Methoden zur Ausführung der Rechenoperationen. Sie kannten sechs Grundoperationen (einschliesslich Potenzieren und Radizieren), sowie den Begriff der negativen Grösse, der den Griechen fremd war.

In der Mathematik der Griechen — die spezifische Bedeutung des Wortes „Mathematik“ rührt von den Peripatetikern her — steht die Geometrie im Vordergrund. Auch Arithmetik und Algebra treten vorwiegend in geometrischer Form auf; doch war zur Zeit von Pappus die Buchstabenrechnung bereits bis zu einem gewissen Grade ausgebildet.

Thales (640—548, aus Milet) kannte die Gleichheit der Scheitelwinkel, der Basiswinkel des gleichschenkligen Dreiecks, die Grösse des Winkels im Halbkreis und die Bestimmtheit eines Dreiecks durch eine Seite und die anliegenden Winkel, ebenso die Höhenmessung mittelst des Schattens; dagegen war ihm die Strenge der späteren Beweisführung noch fremd. — Pythagoras (569—470, aus Samos) hat persönlich den Satz über das rechtwinklige Dreieck aufgestellt, der jedoch erst von Euklid streng bewiesen worden ist; seine Schüler kannten den Beweis des Dreieckswinkelsatzes, die fünf regulären Körper, die figurierten Zahlen und den Begriff des Irrationalen. — Hippokrates (460—377, aus Kos) verdankt man das erste Elementarbuch der Mathematik; er versuchte mittelst

seiner Halbmonde zur Quadratur des Kreises zu gelangen und beschäftigte sich auch mit dem Problem der Würfelverdopplung ($x^3 = 2a^3$), einem speziellen Fall der „Delischen“ Aufgabe ($x^3 = ma^3$). Das Problem der Würfelverdopplung wurde übrigens im Altertum vielfach und zwar stets geometrisch behandelt, so von Plato (429—348, aus Athen), Archytas (430—365, aus Tarent), dem die arithmetischen, geometrischen und harmonischen Mittel bekannt sind, Menächmus (zwischen 400 und 300) und von Eratosthenes (275—194, aus Kyrene), der durch sein zur Auffindung der Primzahlen dienendes „Sieb“ bekannt ist. — Der Alexandriner Euklid (ca. 300 v. Chr.) fasste die zu seiner Zeit vorhandenen und von ihm selbst noch vermehrten Kenntnisse über ebene und räumliche Gebilde, welche bereits das Wesentliche unserer elementaren Schulgeometrie darstellen, sowie arithmetische und algebraische Untersuchungen (z. B. Bestimmung des kleinsten Gemeinvielfachen, geometrische Reihen) in den 13 Büchern seiner „Elemente“ zusammen. — Archimedes (287—212, aus Syracus) zeichnete sich auf mathematischem Gebiete durch eine Anzahl einzelner geometrischer und stereometrischer Leistungen aus, unter denen besonders die Auffindung von π als einer zwischen $3\frac{1}{7}$ und $3\frac{10}{71}$ gelegenen Zahl durch die „Exhaustionsmethode“, die Dreiteilung des Winkels durch „Einschiebung“, die Lösung der Gleichungen von der Form $x^3 - ax^2 + bc^2 = 0$ durch den Schnitt von Linien zweiten Grades hervorzuheben sind. — Apollonius (zwischen 300 und 200, aus Pergae in Pamphylien), von seinen Zeitgenossen der „grosse Mathematiker“ genannt, hat in seinen acht Büchern von den Kegelschnitten die Theorie der letzteren, allerdings auf Grund von Vorarbeiten anderer Mathematiker, zum erstenmal zusammenhängend behandelt und selbst bereichert; er hat u. a. auch die Aufgabe gelöst, einen Berührungskreis an drei gegebene Kreise zu zeichnen, sowie den nach ihm genannten geometrischen Ort aufgestellt. — Von Hero (um 100 v. Chr., aus Alexandrien) rührt die nach ihm benannte Dreiecksformel $\sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$, von Menelaus (um 100 n. Chr., aus Alexandrien) der Transversalensatz her; im Almagest (s. u.) ist angeführt der sogenannte ptolemäische Lehrsatz vom Sehnenviereck. — An höheren Kurven, die den Griechen bekannt waren, mögen noch erwähnt werden die dem Bruder von Menächmus, Dinostratus, zugeschriebene Quadratrix, die Spirale des Archimedes, die Conchoide des Nikomedes (II. Jahrh. v. Chr.) und die Cissoide des Diokles

(II. Jahrh. v. Chr.); die beiden letztgenannten Kurven wurden zur Vervielfachung des Würfels verwertet.

Wie schon bei Hero, so hatte später besonders bei Diophantus (II. Jahrh. n. Chr., von Alexandrien) die Lösung der Gleichungen zweiten Grades eine mehr rechnerische Form angenommen; der letztgenannte Mathematiker ist auch durch seine Behandlung der übrigens bis auf Archimedes zurückgehenden unbestimmten Gleichungen bekannt.

Einer der letzten bedeutenden Vertreter der griechischen Geometrie war Pappus (III. oder IV. Jahrh. n. Chr., von Alexandrien), dessen „Sammlung“ die zuverlässigste Quelle für unsere Kenntnis des Standes der mathematischen Wissenschaft am Ende der alexandrinischen Periode bildet. Auf ihn ist die sogen. „Guldinsche“ Regel zurückzuführen (vgl. Physik); ihm ist auch die Konstanz des Doppelverhältnisses bei projektivischen Gebilden bekannt. — Von da an lag die Algebra und Geometrie in den Händen der Römer, Inder und Chinesen, sowie der Araber, ohne besondere Fortschritte zu machen.

Den Griechen verdankt man auch die Anfangsgründe der Trigonometrie, wenn gleich die Einteilung des Kreises in 360 Grade babylonischen Ursprungs ist. Schon Hipparch wird eine Sehnentafel zugeschrieben, bei Hero treten eigentliche trigonometrische Formeln auf und von Menelaus ist uns noch eine „Sphärik“ erhalten. Auf Grund dieser Vorarbeiten gab dann Ptolemäus in seinem Almagest eine zusammenhängende Darstellung der ebenen und sphärischen Trigonometrie, in welcher u. a. der Kreisdurchmesser in 120 Teile mit sexagesimalen Unterabteilungen erster und zweiter Stufe (später „partes minutae primae“, und „partes minutae secundae“ genannt, daher „Minuten“ und „Sekunden“) geteilt ist. — Die Inder führten das Verhältnis der halben Sehnen (an Stelle der ganzen) zum Bogen ein und waren damit, wenn auch noch nicht beim Wort, so doch beim Begriff des Sinus angelangt. Die Araber verbanden die griechische mit der indischen Methode, machten sich insbesondere die Einführung der halben Sehnen zu nutze und trugen auch ihrerseits zur Entwicklung der Trigonometrie bei. So treten bei Albatenius (Albatani, 850—929, aus der mesopotamischen Stadt Batan) die trigonometrischen Lehrsätze schon in algebraischer Form auf; er kennt z. B. die sphärische Dreiecksformel: $\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos a$. Auf den gleichen Mathematiker ist indirekt auch die Entstehung des Wortes Sinus zurückzuführen.

Im christlichen Abendland beginnt mit dem XIII. Jahrhundert allmählich eine selbständige mathematische Forschung zu erwachen; ihre ersten bedeutenderen Vertreter sind Leonardo von Pisa (um 1200) und Jordanus Nemorarius (Mitte des XIII. Jahrhunderts), welcher letzterer durch fortwährende Benützung allgemeiner Buchstaben statt besonderer bestimmter Zahlen bahnbrechend wirkte, wenn ihm auch die später in Aufnahme gekommenen Rechensymbole, wie Gleichheits-, Subtraktions-, Multiplikations-, Divisionszeichen abgingen. Unter den Mathematikern des XIV. Jahrhunderts ragte Nicole Oresme (1323—1382, aus Caen) hervor, bei dem sich schon eine kurvenmässige Darstellung von Naturerscheinungen findet und der die Potenzen mit gebrochenen Exponenten erfunden hat. Im XV. Jahrhundert stellte Georg von Peurbach (1423—1461, aus der Nähe von Linz) zum erstenmal in Deutschland Sinustafeln auf, und durch seinen Schüler Regiomontanus (Joh. Müller, 1436—76, aus Königsberg in Sachsen-Coburg) fand die Trigonometrie eine Darstellung, die in den wesentlichen Zügen auch heute noch gültig ist.

2. Astronomie.

Die ältesten Kulturvölker waren durch die sich von selbst aufdrängende Notwendigkeit einer Zeitrechnung zur Anstellung der ersten astronomischen Beobachtungen veranlasst worden; letztere bezogen sich teils auf die Fixsterne, aus denen schon frühe die Sternbilder des Tierkreises ausgeschieden wurden, teils auf die Bewegung von Sonne, Mond und den fünf in jenen Zeiten bekannten Planeten. Zu Messungen, die übrigens in den ältesten Zeiten nur ausnahmsweise gemacht wurden, diente hauptsächlich ein schattenwerfender Vertikalstab, der Gnomon, und es ist wahrscheinlich, dass die älteste bekannte Messung, eine ums Jahr 1100 von einem Chinesen gemachte Bestimmung der Ekliptik-schiefe, ebenso die zur Orientierung der ägyptischen Pyramiden notwendigen Meridianbestimmungen mit Hilfe des Gnomons vorgenommen wurden. Schon in den ältesten historischen Zeiten ist mit ziemlich regelmässigen Aufzeichnungen von ausserordentlichen Erscheinungen am Himmel begonnen worden (chinesische Angabe über eine Sonnenfinsternis i. J. 2697 v. Chr.); so erklärt es sich, dass schon frühe gewisse Perioden festgestellt wurden, dass z. B. die babylonischen Priester die Saros ermitteln konnten, eine Periode von 223 Monaten, nach

welcher entsprechende Finsternisse und Bedeckungen wiederkehren.

Im Gegensatz zu den Babyloniern, Chinesen und Aegyptern, die auf dem Boden der einzelnen durch die Erfahrung gegebenen Thatsachen stehen blieben, versuchten die zur Spekulation geneigten Griechen letztere zu einem einheitlichen Ganzen zusammenzufassen. Anfänglich geschah dies allerdings in phantastischer Weise. So lehrte z. B. Thales, die Erde sei eine auf dem Ozean schwimmende Scheibe, und der Himmel eine über sie gestülpte Glocke. Bald aber that Pythagoras den ersten Schritt eigentlich wissenschaftlicher Abstraktion in der Astronomie, indem er erklärte, dass die Erde als eine frei schwebende, in der Mitte des Weltgebäudes befindliche Kugel zu betrachten sei, sowie dass es eine Mehrheit von Welten gebe. Dieses geocentrische System lag später auch den Betrachtungen der platonischen Schule zu Grund; der astronomische Hauptvertreter der letzteren, Eudoxus (409—356, aus Knidos in Kleinasien) suchte die inzwischen genauer studierte Einzelbewegung jedes Planeten dadurch darzustellen, dass er sie in eine Anzahl gleichförmiger, durch rotierende Sphären erzeugter Einzelbewegungen zerlegte. — Gegenüber der Lehre von Eudoxus erscheint die Anschauung des auf andern Gebieten so hervorragenden Aristoteles (384—322, aus Stageiros) als Rückschritt; denn während jener seine Sphären höchst wahrscheinlich nur als mathematisches Hilfsmittel, ähnlich etwa den heutigen Reihenentwicklungen, angesehen wissen wollte, lehrte Aristoteles die wirkliche Existenz seiner „Kristallsphären“.

Auf Grund der Vorarbeiten von Eudoxus vermochten die mathematikkundigen Vertreter der ums Jahr 300 v. Chr. gegründeten Akademie in Alexandrien, besonders der grösste Astronom des Altertums, Hipparch (II. Jahrhundert v. Chr., aus Nikaia in Bithynien) ihre auf mathematische und zwar hauptsächlich geometrische Betrachtungen sich stützenden Theorien aufzustellen. Hipparch verdankt man u. a. die Einführung der sphärischen Sternkoordinaten (Rektascension und Deklination, Länge und Breite); er bestimmte die Rektascension dadurch, dass er mit Hilfe einer Armillarsphäre bei Tage den Stand der Sonne mit dem des Mondes, sodann nachts letzteren mit dem der Sterne verglich. Durch Vergleichung seiner Beobachtungsergebnisse mit den anderthalb Jahrhunderte zuvor von Timocharis und Aristyll gefundenen entdeckte er die Präcession der Nachtgleichen, und somit den

Unterschied zwischen dem tropischen und dem siderischen Jahr; er schloss aus der von ihm durch wiederholte Bestimmung der Solstitien und Aequinoktien gefundenen Ungleichheit der Jahreszeiten auf das Vorhandensein eines Apogäums und eines Perigäums, d. h. auf die Excentricität des von der Sonne scheinbar beschriebenen Kreises, wie er auch die Mondbahn durch einen Kreis letzterer Art, dem er noch eine Drehung um das Centrum des Tierkreises zuschrieb, zu erklären suchte. Auch für die Planetenbahnen schuf Hipparch ein ziemlich bedeutendes Beobachtungsmaterial, aus dem zunächst die beiden „Ungleichheiten“ abgeleitet werden konnten, eine erste auf die veränderliche Geschwindigkeit bezügliche (siderische Periode), und eine zweite, die sich in den Stationen und rückläufigen Bewegungen zeigte (synodischer Umlauf).

Was Hipparch begonnen hatte, aber nicht mehr ganz vollenden konnte, wurde gegen die Mitte des II. Jahrhunderts n. Chr. von dem zweiten grossen Astronomen des Altertums, Claudius Ptolemäus (aus Ptolemais in Aegypten), zu einem relativen Abschluss gebracht. In dem *Almagest* (*μεγάλη σύνταξις*, magna constructio), dem astronomischen Hauptwerk des Altertums, überliefert und ergänzt er nicht nur die Arbeiten Hipparchs, sondern die Lehren der griechischen Astronomie überhaupt. Besonders hervorzuheben ist seine Epicykelnlehre, mit der er zunächst die so viele Schwierigkeiten verursachende Mondbahn darzustellen suchte. Das Wesentliche dieser Lehre besteht darin, dass der Mond einen Hilfskreis, den Epicykel, in einem anomalistischen Monat in gleichförmiger Bewegung zu durchlaufen hat, während sich gleichzeitig der Mittelpunkt des Epicykels auf einem zweiten Hilfskreis, dem deferierenden Kreis, in einem drakonitischen Monat gleichförmig um die Erde bewegt. Diese Epicykelnlehre, sowie den excentrischen Kreis Hipparchs übertrug Ptolemäus dann auch auf die Planetenbewegungen, und es gelang ihm so, letztere in einer viele Jahrhunderte befriedigenden Weise darzustellen.

Als die Akademie zu Alexandrien (schon im V. Jahrhundert) allmählich in Zerfall geraten war, entstand auf einige Zeit in Bagdad ein neuer Centralpunkt für die astronomische Wissenschaft, besonders seit Al-Mamun die *Syntaxis* des Ptolemäus ins Arabische hatte übersetzen lassen. Uebrigens suchten in richtiger Erkenntnis des Entwicklungsstadiums, in dem sich die Astronomie befand, auch die bedeutendsten arabischen Astronomen, z. B. Albatenius (s. Math.), nichts Wesentliches an dem

griechischen Lehrgebäude zu ändern, sondern sie legten den Hauptnachdruck auf die Beobachtungen und deren Berechnung, und in dieser Beziehung waren auch ihre Leistungen wirklich bedeutend.

3. Physik.

Die Geschichte der Physik als exakter Wissenschaft beginnt mit Aristoteles. Man hatte sich zwar schon vor letzterem mit der Erklärung der Naturvorgänge beschäftigt; insbesondere ist es das Bestreben der ganzen vorsokratischen Philosophie, den Urgrund der mannigfaltigen Naturerscheinungen aufzusuchen. So erblickten z. B. die älteren jonischen Naturphilosophen letzteren in einem Stoff (im Wasser, der Luft oder einem chaotischen Urstoff), die Pythagoräer fanden ihn in der Zahlenharmonie, die Eleaten gar in einem vollständig abstrakten Begriff, dem „unveränderlich Seienden“. Aber alle diese Erklärungsversuche krankten von vornherein an dem Grundmangel, dass sie sich nicht auf exakte Beobachtungen stützten. Aristoteles hat nun zwar die zu seiner Zeit vorhandenen physikalischen Kenntnisse in ein System gebracht; aber erst in der alexandrinischen Periode, als der Physik eines ihrer wichtigsten Werkzeuge, die Mathematik, besonders die Geometrie, in hinlänglicher Ausbildung zu Gebot stand, konnte sich die eigentliche physikalische Forschung entwickeln.

Der Begründer der Mechanik, Archimedes, stellte die Grundlehren der Statik und der Hydrostatik auf, während er allerdings niemals zu dynamischen Begriffen vordrang, obgleich sich von letzteren schon bei Aristoteles Keime vorfinden. Ihm verdankt man den ältesten Satz der Statik, das Hebelgesetz, und die Lehre vom Schwerpunkt, sowie die Lehre vom spezifischen Gewicht (Bestimmung des Goldgehalts von König Hieros Krone). Obgleich ihn die alten Schriftsteller als „Ausbund gelehrter Zerstreutheit und Unbeholfenheit“ hinstellen, wendete er die von ihm entdeckten theoretischen Wahrheiten aufs mannigfachste in der Praxis an, er erfand z. B. den Flaschenzug, die Schraube ohne Ende, die Wasserschraube und das Araeometer. — Ktesibios (geb. um 150 v. Chr. in Alexandrien) und sein ihn an theoretischer Bildung überragender Schüler Hero erfanden zahlreiche Mechanismen, in denen besonders der Druck des Wassers, der Luft und des Dampfes eine Rolle spielt. So wird dem ersteren die Erfindung der Druckpumpe zugeschrieben,

deren sich die Römer zur Kaiserzeit als Feuerspritze bedienten, ebenso die der Wasseruhren (Klepsyden). Hero scheint die noch heute Heronsball und Heronsbrunnen genannten Luftdruckapparate erfunden zu haben. Auch hat er sich eingehend mit der Wirkung der Dampfkraft beschäftigt; er hat z. B. eine durch ausströmenden Dampf in Rotation zu versetzende Wasserkugel (Aeolipile) konstruiert, zahlreiche, auf Luft- und Dampfdruck beruhende Zauberapparate beschrieben, wie er überhaupt von dem Drucke und der Spannkraft der Luft eine ziemlich richtige Vorstellung hatte. — Pappus, der den im XVII. Jahrhundert von Guldinus wieder aufgegriffenen und nach letzterem „Guldinische Regel“ genannten Satz vom Schwerpunkt aufstellte, unterschied zuerst die fünf „mechanischen Kräfte“: Hebel, Keil, Schraube, Rolle und Wellrad.

Auf dem Gebiet der Optik hat das Altertum kaum die Grenzen der Katoptrik (Spiegel lehre) überschritten. Die antiken Kenntnisse in letzterer lassen sich in folgenden drei Sätzen zusammenfassen: 1) „In einem und demselben Medium pflanzt sich das Licht geradlinig fort; 2) Einfallswinkel und Reflexionswinkel sind gleich; der einfallende und der zurückgeworfene Strahl liegen in einer auf der spiegelnden senkrechten Ebene; 3) der Lichtstrahl schlägt bei der Reflexion stets den kürzesten Weg ein.“ Die beiden ersten Sätze finden sich in einem Euklid zugeschriebenen Werke über Optik; der dritte, der die beiden ersten in sich fasst, stammt von Hero her.

Ueber die Brechung des Lichtes waren die Alten noch wenig unterrichtet; doch kannten Seneca (7—65 n. Chr., aus Corduba) und Plinius der Aeltere (23—79 n. Chr., aus Comum) die vergrößernde und zündende Kraft einer mit Wasser gefüllten Glaskugel. — Kleomedes (50 n. Chr.) beschreibt den Versuch der Sichtbarmachung eines am Boden eines Gefäßes liegenden Geldstückes durch Zugießen von Wasser und machte Andeutungen über die astronomische Strahlenbrechung. — Bezüglich der Theorie des Sehens begegnet man bei den Alten fast durchweg der Ansicht, dass der Lichtstrahl aus dem Auge hervorschiessend die Gegenstände gleichsam befühle; doch meinte schon Aristoteles, es müsse zwischen Auge und Gegenstand ein das Sehen vermittelndes Medium vorhanden sein, wie beim Schall.

Die optischen Kenntnisse der Alten wurden von Ptolemäus zusammengefasst und durch eigene Forschungen bereichert; seine Optik enthält eine Theorie des Sehens, der Reflexion, der ebenen und sphärischen Spiegel und der Refraktion.

Die Akustik der Alten beschränkt sich, wie bei der weit fortgeschrittenen Ausbildung der Theorie der griechischen Musik leicht erklärlich ist, auf die Beschäftigung mit den Zahlenverhältnissen (Saitenlängen) der konsonierenden Töne, welche die Pythagoräer, ihrer Neigung zu zahlentheoretischen Spekulationen entsprechend, dann auch auf andere Verhältnisse, z. B. die Halbmesser der Planetenbahnen, überzutragen versuchten. Doch finden sich bei Aristoteles auch einige sonstige akustische Bemerkungen, z. B. über die Leitung des Schalls in der Luft.

Von irgend welcher wissenschaftlichen Wärmetheorie ist im Altertum noch keine Rede: jeder Versuch einer Erklärung der sich von selbst aufdrängenden Beobachtungen über die Wirkung der Wärme wurde durch die Annahme der vier Elemente von vornherein in falsche Bahnen gelenkt.

Dass auf dem Gebiet der Elektrizität und des Magnetismus im Altertum nur die allerersten Spuren von Kenntnissen vorhanden waren, liegt in der Natur der Sache, da der Mensch keine besondern Organe für die Wahrnehmung der hieher gehörigen Erscheinungen besitzt und da die Bedingungen, welche die Beobachtung mechanischer Wirkungen der elektrischen und magnetischen Kräfte ermöglichen, nur selten von selbst zusammentreffen. Das Wissen der Alten in dieser Beziehung beschränkte sich denn auch so ziemlich auf die Kenntnis der Thatsache, die Thales zum Entdecker gehabt haben soll, dass geriebener Bernstein (Elektron) leichte Körper, und Magnet-eisenstein Eisenteilchen anzieht; was darüber hinausging, gehört in das Reich der Fabel.

Die Physik der Araber beschränkte sich im wesentlichen auf den geometrischen Teil der Optik, da ihnen die Anstellung von Versuchen so fern liegt wie den Griechen. Alhazen ben Alhazen (um 1100 oder früher) verfasste eine Optik, in der er u. a. die einzelnen Teile des Auges beschrieb und schon eine richtigere Vorstellung von dem Vorgang des Sehens bekundete als seine Vorgänger, besonders auch mit aller Bestimmtheit aussprach, dass nicht das Auge, sondern der leuchtende Gegenstand die Quelle des Lichtes ist; auch dem Refraktionsgesetz kommt er viel näher als Ptolemäus.

Das Abendland hat erst im XIII. Jahrhundert zwei nennenswerte Vertreter des physikalischen Studiums und der Naturforschung überhaupt aufzuweisen: Albertus Magnus und besonders Roger Bacon. — Albertus Magnus (Albert von Bollstädt 1193—1280, aus Lauingen im bayrischen Schwaben), ein sehr fruchtbarer Schriftsteller, ist ganz dem Geiste jener

wissenschaftlich durchaus unselbständigen Zeit entsprechend hauptsächlich Vermittler der aristotelischen Lehre, und der Satz, den er einmal ausspricht, dass man bei naturwissenschaftlichen Untersuchungen stets auf die Erfahrung und das Experiment zurückkommen müsse, bleibt bei ihm Theorie. — Roger Bacon (1214—1294, aus Ilchester in Somersetshire) tritt zu Aristoteles schon in einen gewissen Widerspruch, verliert sich aber vielfach in einem Gewebe scholastischer Sätze. Am bedeutendsten sind seine optischen Kenntnisse, in denen er seine Vorgänger überragt; ein entschiedenes Verdienst hat er sich erworben durch seine Bestimmung des Brennpunkts der Hohlspiegel.

Die optische Technik machte in jener Zeit einen bemerkenswerten Fortschritt durch die am Anfang des XIV., möglicherweise auch schon am Ende des XIII. Jahrhunderts erfolgte Erfindung der Brillen, die gewöhnlich dem florentinischen Edelmann Salvino degli Armati oder auch Alexander de Spina zugeschrieben wird. (Beryllium war im Mittelalter Bezeichnung für Glas.) — Unrichtig ist dagegen die Angabe, dass Flavio Gioja (Anfang des XIV. Jahrhunderts) den Kompass erfunden habe; letzterer ist vielmehr den Chinesen schon in den ersten Jahrhunderten unserer Zeitrechnung und auch im Abendland jedenfalls im XII. Jahrhundert bekannt gewesen. Am Anfang des letztgenannten Jahrhunderts wussten die Chinesen sogar schon von der magnetischen Deklination.

Im XV. Jahrhundert, in dem sich allmählich der Umschwung in der Naturforschung bemerkbar machte, sind die beiden bedeutendsten Physiker Nicolaus von Cusa (Niclas Krebs von Cues a. d. Mosel, 1401—1464) und besonders der vielseitige, als Künstler (Maler, Bildhauer, Architekt und Musiker) wie als Mathematiker, Techniker und Physiker hervorragende Leonardo da Vinci (1452—1519, aus Vinci unweit Florenz). Letzterer ist, abgesehen von seiner Bedeutung als Künstler, auch deswegen interessant, weil er eines der Beispiele ist, an denen sich deutlich zeigt, dass sich die naturwissenschaftliche Forschungsmethode, wie das ganze geistige Leben der Menschheit, nicht sprungweise, sondern stetig entwickelt hat. Forschungsregeln, z. B. über das Experiment, die meist erst Baco von Verulam (1561—1626) oder noch Späteren zugeschrieben werden, wurden durch ihn vorbereitet und finden sich zum Teil schon in bestimmter Fassung bei ihm vor. Nur der Ungunst der Verhältnisse dürfte es zuzuschreiben sein, dass Leonardo auf die Weiterentwicklung der Physik keinen so unmittelbar

in die Augen fallenden Einfluss ausgeübt hat, als sich nach der Bedeutung seiner Leistungen (z. B. statischer Untersuchungen, der Unterscheidung zwischen reellem und potentielltem Hebel, der Betrachtung der Rolle und des Wellrads als zweiarmiger Hebel, der Untersuchung der Reibung und der Entstehung der Wellenbewegung u. drgl.) vermuten liess.

In die Mitte des XV. Jahrhunderts fällt die vom kulturhistorischen Standpunkt aus betrachtet wichtigste Erfindung des Mittelalters, die der Buchdruckerkunst, die auch rücksichtlich der technischen Schwierigkeiten, die sie bot, nicht unterschätzt werden darf. Johann Gensfleisch zum Gutenberg in Mainz hat sich das Verdienst erworben, die geschnitzten Holztafeln durch die Buchdruckerpresse, vermittelst deren beide Seiten eines Blattes bedruckt werden konnten, und die gegen vier Jahrhunderte fast unverändert in Gebrauch blieb, sowie durch bewegliche (metallische) Lettern ersetzt zu haben.

4. Chemie.

Die Chemie (Name für „Aegypten“, zugleich aber auch „schwarz“ bedeutend) bestand im Altertum und Mittelalter noch nicht als Wissenschaft. Bei den ältesten Völkern, besonders den Aegyptern und Phöniziern, und dann bei den Griechen und Römern waren zwar einzelne chemische Kenntnisse vorhanden, aber es fehlte an planmässigen Experimenten, wogegen man sich in unfruchtbaren Spekulationen erging.

Empedokles (um 440 v. Chr., aus Agrigent) und nach ihm Aristoteles stellten, wahrscheinlich auf Grund viel älterer Anschauungen, die Lehre von den vier „Elementen“: Luft, Wasser, Erde, Feuer auf; letztere betrachteten sie indes nicht sowohl als verschiedene Grundstoffe, sondern nur als verschiedene Eigenschaften einer Urmaterie. Jedem Element wurden zwei der vier „Haupteigenschaften“ (warm, kalt, trocken, feucht) zugeschrieben. Da sich nun letztere verändern können, so ist leicht einzusehen, wie man von dieser Anschauung aus allmählich zur Annahme der Möglichkeit der Metallverwandlung geführt wurde. Aristoteles fügte jenen vier Elementen noch ein fünftes von mehr geistiger Beschaffenheit hinzu, das im Mittelalter unter dem Namen „Quinta essentia“ mehr als materielles Wesen aufgefasst wurde und mancherlei wissenschaftliche Verirrungen hervorrief.

An Metallen waren den Alten jedenfalls Gold, Silber, Kupfer, Eisen, Blei und Zinn (letzteres besonders als

Bestandteil der Bronze), ferner die Zinklegierungen mit Kupfer, aber nicht das Zink selbst, sowie das Quecksilber bekannt; letzteres wird zum erstenmal bei Theophrast (ca. 300 v. Chr.) erwähnt. Ausserdem vermochten die Alten Glas und Töpferwaren herzustellen und zu färben, eine Kunst, die ihren Ursprung in China und Aegypten hat; die Darstellung der Soda und Pottasche, die Seifenbereitung und besonders die Färberei war ihnen geläufig. Sie kannten Stärke, fette und ätherische Oele, und an Säuren besonders die Essigsäure als Weinessig, aber noch keine Mineralsäuren.

Als Zweck der Chemie oder Alchemie wurde gegen anderthalb Jahrtausende, nachweislich vom IV. Jahrhundert n. Chr. an, wahrscheinlich aber schon früher, bis zur ersten Hälfte des XVI. Jahrhunderts die Kunst angesehen, unedle Metalle in edle zu verwandeln. Ursprünglich in Aegypten entstanden, wurde die Alchemie von den Arabern eifrig gepflegt, so dass ihr alchemistischer Hauptvertreter Geber (Dscharfar, 702—765, Lehrer in Sevilla) von manchen geradezu als Gründer der Chemie betrachtet wird. Im christlichen Westeuropa fand das gleiche Bestreben, dem im XIII. Jahrhundert Männer wie Albertus Magnus, Roger Baco, Raymund Lullus mit allem Ernste oblagen, seinen Ausdruck in dem Suchen nach dem „Stein der Weisen“, von dessen Existenz und Wirksamkeit auch der bedeutendste aller Alchemisten, Basilius Valentinus (XV. Jahrhundert), ein in mancher Beziehung so scharfer Beobachter, vollständig überzeugt ist.

Die für die Geschichte der Wissenschaft wichtige Seite der Alchemie besteht darin, dass die Versuche, die zur Metallveredlung führen sollten, zu praktischer Beschäftigung mit den verschiedensten Chemikalien nötigten; bei dieser Gelegenheit wurde eine ziemliche Anzahl von einzelnen Beobachtungen und Erfindungen gemacht, die sich für die weitere Entwicklung der Wissenschaft als nützlich erwiesen. Es sei in dieser Beziehung erwähnt die Auffindung der Metalle Antimon, Wismut und Zink, die Darstellung der Aetzalkalien aus den kohlensauren Alkalien vermittelt Kalk, die Entdeckung der Mineralsäuren (Salpetersäure, Salzsäure und Schwefelsäure) und mehrerer Salze (z. B. Salpeter, Salmiak und kohlensaures Ammon, Alaune, Vitriole), Metalloxyde und Schwefelverbindungen.

An dieser Stelle möge auch auf die Darstellung des Schiesspulvers hingewiesen werden. Schiesspulverähnliche Gemenge waren den Chinesen schon vor unserer Zeitrechnung bekannt und wurden in den ersten Jahrhunderten des Mittelalters theils

zu Sprengzwecken, teils als Brandsätze benützt, die als „griechische Feuer“ oder in Form von Feuerlanzen, Schafraketen und Schwärmern als „fliegende Feuer“ Verwendung fanden. Der Uebergang von „Feuer als Waffe“ zur „Feuerwaffe“ ist im XIV. Jahrhundert und zwar wahrscheinlich in Deutschland gemacht worden (Sage von dem Freiburger Mönch Berthold Schwarz); er führte zur Konstruktion von groben Geschützen und von Handfeuerwaffen, deren erste Formen das Luntenschlossgewehr, der sogenannte „Hacken“ (Arkebuse oder halber Hacken, Muskete oder ganzer Hacken), das Luntenschnappschloss, das Radschloss und das Steinschnappschloss gewesen sind.

5. Medizin.

Die Heilkunst, deren Ausübung bei den ältesten Kulturvölkern in den Händen der Priester lag, nahm bei den Griechen allmählich den Charakter einer Wissenschaft an. Allerdings hat die diesem Volke eigentümliche Neigung zur Spekulation auch der Medizin zunächst einen vorwiegend philosophischen Charakter gegeben; nur Hippokrates (460—377, aus Kos), von seinen Zeitgenossen „der Grosse“ genannt, machte hievon eine Ausnahme, insofern bei ihm und seinen Schülern, soweit es in jener Zeit möglich war, eine naturwissenschaftliche Auffassung der Heilkunde deutlich hervortritt. Die Theorie des Hippokrates ging den damaligen Anschauungen entsprechend von den vier „Elementen“ und ihren vier „Haupteigenschaften“ (vgl. Chemie) aus, welchen die vier „Hauptsäfte“ (Blut, gelbe und schwarze Galle, Schleim) entsprachen; auf der gleichmässigen oder ungleichmässigen Wechselwirkung der letzteren beruhen Gesundheit und Krankheit (Humoralpathologie). Die Krankheit macht bei normalem Verlauf die drei Stadien der „Roheit“, der „Kochung“ und der „Krisis“ durch; am Anfang und im höchsten Stadium der Erkrankung wendete Hippokrates mit Vorliebe den Aderlass in der Nähe des erkrankten Teils und auf der gleichen Seite an.

Die geschichtliche Hauptbedeutung von Hippokrates, der im Gegensatz zu seinen Zeitgenossen vorwiegend Praktiker war, liegt aber teils in dem von ihm zu Tage geförderten neuen Wissensstoff, teils, und noch mehr, in seiner Methode, welche auf die Erforschung der wahren Ursachen und Zeichen der Krankheiten gerichtet und bei der Heilung der Natur zu folgen bestrebt war; daher hat er auch vorwiegend die für die praktische Heilkunst wichtigen Disziplinen gefördert,

die man als Semiotik, Prognostik, Diagnostik, Aetiologie, Symptomatologie und Therapie bezeichnet, weniger dagegen die systematische Pathologie und die Anatomie. Der Gegensatz, in den sich Hippokrates durch seine naturwissenschaftliche Richtung zu der ganzen Denkweise seines Volks stellte, brachte es mit sich, dass, trotz seiner grossen Bedeutung und seines Ruhmes, seine Grundsätze bald wieder von der spekulierenden Richtung der Medizin überwuchert wurden.

Das alexandrinische Zeitalter hat das Verdienst, der Anatomie den Weg gebahnt zu haben durch Zergliederung menschlicher Leichen und sogar durch die (unnötige und grausame) Vivisektion von Verbrechern. Die bedeutendsten alexandrinischen Aerzte waren Herophilos (335—280 v. Chr., aus Chalkedon) und Erasistratos (um 300 v. Chr., aus der Insel Keos), Gründer der beiden nach ihnen benannten, über 300 Jahre bestehenden, sich aufs hartnäckigste bekämpfenden Schulen.

Von den Griechen ging die Heilkunde zu den Römern über. Letztere betrachteten allerdings bis gegen die Kaiserzeit hin den ärztlichen Beruf als ihrer unwürdig und überliessen ihn daher den Griechen und ihren Sklaven, bis Cäsar allen Aerzten das Bürgerrecht zuerkannte und die Kaiser sogar (besoldete) Hof- und Stadtärzte ernannten. Der bedeutendste (griechisch-) römische Arzt, der für das ganze Mittelalter massgebend blieb, war Claudius Galenus (113—201 oder 210, aus Pergamos). War Hippokrates vorwiegend Praktiker, so war Galen, ein vielseitig gebildeter Mann und äusserst fruchtbarer Schriftsteller, mehr Gelehrter; er fasste in eklektischer Weise das ihm brauchbar Scheinende aus den in jenen Zeiten bestehenden Lehren zu einem System zusammen und fügte noch eigene wertvolle Forschungsergebnisse, besonders auf dem Gebiet der Physiologie und der Anatomie, hinzu. Neben den hippokratischen vier „Elementen“, „ersten Eigenschaften“, aus denen durch Mischung die sinnlich allein wahrnehmbaren „zweiten Eigenschaften“ hervorgehen, und den „Hauptsäften“, nimmt Galen als lebengebendes Prinzip das Pneuma an, das durch Atmung aus der allgemeinen „Weltseele“ stets erneuert wird und teils als „geistiges“ (Gehirn und Nerven), teils als „lebengebendes“ (Arterien und Herz), teils als „natürliches“ Pneuma (Leber, Nieren, Venen) auftritt. Gesundheit und Krankheit beruhen auf dem Verhältnis der festen und flüssigen Teile und der Mischung (Krisis, Eukrisis, Dyskrisis) der Säfte. — Für die Physiologie ist Galen durch ausgedehnte Anwendung des Experimentes wichtig geworden

(er durchschnitt z. B. den fünften Halsnerven und führte dadurch die Bewegungsunfähigkeit der entsprechenden Muskeln herbei). Auf dem Gebiete der Anatomie hat er eine Reihe von Objekten teils entdeckt, teils wenigstens sorgfältig dargestellt; er beschreibt z. B. die Achillessehne, eine grosse Anzahl von Muskeln, auch das Herz, das er aber für keinen Muskel hält, das Auge, die Aorta u. s. w.; dagegen versetzt er fälschlicherweise das Herz in die Mitte der Brusthöhle, lässt die Venen aus der Leber hervorgehen u. ä. — Die Neigung Galens, eine grosse Anzahl von Arzneimitteln zu verwenden und in einer mitunter geradezu abergläubischen Weise zusammenzusetzen, hat sich noch in ihren Wirkungen auf die folgenden Jahrhunderte als äusserst nachteilig erwiesen.

Galen war das ganze Mittelalter hindurch Alleinherrscher auf medizinischem Gebiet. Auch die Araber, deren berühmtester Arzt Avicenna (Ebn Sina, 980—1037), war, zeigten sich, wie auf anderen Gebieten, abgesehen von spitzfindigen Erklärungen und Erweiterungen, weniger als Mehrer, denn als Erhalter des von den Griechen ererbten wissenschaftlichen Schatzes. Im Gegensatz zur philosophischen Denkweise des griechischen Altertums herrschte, auf medizinischem Gebiet besonders deutlich hervortretend, ein blinder Autoritätsglaube, der erst gegen den Ausgang des Mittelalters hin allmählich erschüttert wurde.

6. Naturgeschichte.

Die Naturgeschichte trat im aristotelischen Zeitalter aus dem Fabel- und Märchenreich heraus auf wissenschaftlichen Boden, und zwar ist Aristoteles selbst als Begründer der Zoologie, sein Schüler Theophrastos von Eresos (371—286) als Begründer der Botanik zu betrachten. Die Probleme, die sich jene Forscher gestellt hatten, trugen einen fast modern zu nennenden Charakter, wenn auch die Mittel für deren Lösung noch lange nicht vorhanden waren. In den folgenden Jahrhunderten steht indes auf naturgeschichtlichem Gebiet das wissenschaftliche Interesse hinter dem praktischen weit zurück; die Botanik insbesondere sinkt zur Dienerin der Landwirtschaft und der Medizin herab, wie dies die Bearbeitungen der Pflanzenwelt durch M. Porcius Cato (234—149 v. Chr.), der den landwirtschaftlichen Standpunkt vertritt, und durch den römischen Militärarzt Pedanius Dioscorides (ca. 50 n. Chr.) deutlich beweisen. Die so berühmt gewordene

Naturgeschichte des älteren Plinius ist nur als eine fleissige, aber unkritische Kompilation zu betrachten.

Auch bei den Arabern steht die Naturgeschichte vorwiegend im Dienste der Medizin. Doch sei erwähnt, dass Avicenna die Mineralien zuerst in Gruppen einteilte, und zwar in Steine, schweflige Stoffe, Metalle und Salze.

Zur Zeit der Scholastik liegt die Naturgeschichte ganz darnieder; das verbreitetste naturgeschichtliche Buch des Mittelalters, der ursprünglich griechisch geschriebene, aber in eine ganze Reihe anderer Sprachen übertragene „Physiologus“, bietet im wesentlichen nur eine Zusammenstellung fabelhafter Schilderungen der in der Bibel vorkommenden Tiere.

XVI. Jahrhundert.

Als zur Zeit der Renaissance im ganzen Geistesleben Westeuropas ein mächtiger Umschwung eintrat, als zudem die verschiedenen geographischen Entdeckungen eine Ueberfülle neuen Materials zur Verfügung stellten, da begann auch in der Entwicklung der Naturwissenschaften eine ganz neue Aera, als deren charakteristische Merkmale im Gegensatz zu dem Autoritätsglauben des Mittelalters das selbständige Zurückgreifen auf die Natur, die induktive Forschung und die Trennung der Naturwissenschaft von der Philosophie, beziehungsweise Metaphysik, betrachtet werden können. Die beiden letztgenannten methodischen Errungenschaften der modernen Naturforschung sind natürlich nicht das Werk einzelner Männer, obgleich schon Kepler durch Induktion zu seinen glänzenden Resultaten¹⁾ gelangte und Galilei die erkenntnistheoretische Notwendigkeit einer scharfen Abgrenzung der Naturwissenschaften aufs bestimmteste aussprach; überhaupt muss in der Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik stets im Auge behalten werden, dass Hunderte von Entdeckungen, die sich für uns an die Namen bestimmter Männer knüpfen, im Grunde das Resultat der Arbeit ganzer Generationen gewesen sind.

Dem XVI. Jahrhundert speciell fiel zunächst, wie auf anderen Gebieten, so auch auf dem der Naturwissenschaften, die mehr kritische und polemische Aufgabe zu, aus den Anschauungen, die, vielfach in gedankenloser Weise, von Generation zu Generation herübergenommen worden waren, das Unbegründete und Unhaltbare, soweit möglich, auszuscheiden und damit für die weiteren Fortschritte der folgenden Jahrhunderte den Boden vorzubereiten.

¹⁾ Verallgemeinerung der Bewegungen des Planeten Mars.

1. Mathematik.

Es ist selbstverständlich, dass das rege Interesse für Astronomie im XVI. Jahrhundert auch die für letztere Wissenschaft unentbehrlichen Zweige der Mathematik fördern musste, in erster Linie die Trigonometrie. Besonders viel musste den Astronomen an genauen trigonometrischen Tafeln liegen, in deren Herstellung neben Regiomontanus (s. o.) Georg Joachim Rhätikus (1514—1576, aus Feldkirch in Vorarlberg) Hervorragendes leistete; letzterer ging auch zuerst, statt von den Kreisbögen, vom rechtwinkligen Dreieck aus und setzte damit die trigonometrischen Funktionen in unmittelbare Beziehung zu den Winkeln.

Wie die astronomischen Bedürfnisse auf die Trigonometrie, so übte der rege Handelsverkehr auf die Arithmetik einen fördernden Einfluss aus (Rechenschulen, die berühmteste in Nürnberg). Bis zum XII. Jahrhundert war in Westeuropa nach dem Vorgang der Alten mit dem Abakus gerechnet worden; von da an aber hatte die indisch-arabische Rechenkunst (der Algorithmus), welche mit Hilfe der Null den Zahlzeichen einen Stellenwert gab, immer mehr an Boden gewonnen, so dass sie im XVI. Jahrhundert ausschliesslich verwendet wurde. Unter den in jener Zeit entstandenen Rechenbüchern mag das von Johannes Widmann (um 1500, aus Eger), der die Zeichen $+$ und $-$ zuerst im Druck gebraucht, erwähnt werden, sowie das von Adam Riese (1492—1559, aus Staffelstein in Franken), dessen Name sprichwörtlich geworden ist.

Von dem gemeinen Rechnen (ars minor) hatte sich gegen das Ende des Mittelalters allmählich die höhere Rechenkunst (ars major) abgelöst, die mit dem arabischen Namen Algebra oder auch als „Coss“ (regola della cosa) bezeichnet wurde. Die bedeutendsten deutschen Darstellungen der Coss im XVI. Jahrhundert rühren von Christoph Rudolff (um 1530, aus Jauer in Schlesien) und namentlich von Michael Stifel (1487—1567, aus Esslingen) her, welcher letzterer u. a. die Binomialkoeffizienten aufgestellt und die negativen („absurden“) Zahlen als solche erklärt hat, die kleiner sind als Null. — Die Italiener fanden die rein arithmetische Lösung der Gleichungen dritten und vierten Grades. Die nach Hieronimo Cardano (1501—1576, aus Mailand) genannte Formel wurde von Scipione del Ferro (1496—1525, Professor in Bologna) und möglicherweise auch von Nicolo Tartaglia (1500—1557) aufgefunden. Doch hat Cardano die Lösung

der kubischen Gleichung erweitert und vertieft; er fand, dass letztere drei Wurzeln habe, während vorher niemals mehr als zwei Wurzelwerte einer Gleichung bekannt geworden waren; er wies darauf hin, dass der Koeffizient des quadratischen Glieds durch die Summe der Wurzelwerte gebildet werde, und er wagte es zum erstenmal, mit Quadratwurzeln aus negativen Grössen zu rechnen. Cardanos Schüler Luigi Ferrari (1522—1565) fand die Auflösung der Gleichungen vierten Grades, und Bombelli (um 1580) stellte die irrationalen Ausdrücke des irreduciblen Falls in der einfachsten Form dar. Bei letzterem findet sich zuerst das Wort „Potenz“. — Als Begründer der Theorie der algebraischen Gleichungen ist der Franzose François Viète (Vieta, 1540—1603) anzusehen, der auch einer der ersten war, welche der seit der griechischen Glanzperiode daniederliegenden Geometrie wieder neues Leben einhauchten.

2. Astronomie.

Derjenige Zweig der Naturwissenschaften, der noch im XVI. Jahrhundert, wie schon im Altertum, obenan stand, war die Astronomie. Gegen anderthalb Jahrtausende hatte die auf die unmittelbare Beobachtung der Vorgänge am Firmament gegründete Anschauung von der Bewegung der Himmelskörper geherrscht, die Ptolemäus in seinem *Almagest* zusammengefasst und ergänzt hatte. In der That war es ja auch möglich, vermittelt dieser geocentrischen Anschauungsweise die meisten der in jenem Zeitalter beobachteten astronomischen Thatsachen und Erscheinungen zu erklären oder wenigstens zurecht zu legen. Selbst in den Fällen, in denen der geocentrische Standpunkt beim Versuch einer eigentlichen Erklärung notwendig versagen musste, wie bei der Betrachtung der eigenartigen, scheinbar unregelmässigen Planetenbewegungen, wusste man sich durch die graphische Darstellung der Epicyklen, die für gewöhnliche Zwecke vollkommen ausreichend war, zu helfen. Es berechneten auf diese Weise z. B. Purbach und Regiomontanus im XV. Jahrhundert die Planetenörter auf eine Reihe von Jahren voraus. Aber in einer Zeit, in der allwärts der Drang nach Aufklärung zu einer kritischen Betrachtung des überlieferten Stoffes zu treiben begann, konnte es nicht fehlen, dass man auch auf dem Felde der Astronomie zur Klarheit über Verhältnisse zu kommen suchte, die sich dem Beobachter in so auffallender Form darboten.

Es war Copernicus (Kopernik, 1473—1543, aus Thorn)

vorbehalten, den zweiten Schritt in der Erkenntnis der Bewegungen am Firmament zu thun. Er vollzog nämlich, wenn auch persönlich in schüchterner Weise und zum Teil angeregt durch einzelne schon bei den Alten (z. B. Aristarch) sich findende Andeutungen über die Möglichkeit einer Bewegung der Erde, den Uebergang von der geocentrischen zur heliocentrischen Weltbetrachtung und lehrte 1) die tägliche west-östliche Drehung der Erde um ihre Achse, 2) die jährliche in gleichem Sinn erfolgende Bewegung der Erde um die Sonne, 3) den in ähnlicher Weise wie bei der Erde vor sich gehenden Umlauf der Planeten um die Sonne in kreisförmigen Bahnen. Diese Anschauungsweise, die freilich erst später mathematisch scharf begründet und in ihren Einzelheiten richtiggestellt wurde, brachte auf einmal überraschende Klarheit in das Wesen der Planetenbewegungen; dennoch blieb die Epicyklenrechnung für praktische Zwecke noch längere Zeit in Benützung. Auch vermochte sich die neue, epochemachende Theorie, deren Veröffentlichung durch Rhätikus, einen Freund von Copernicus, besorgt wurde, während letzterer schon auf dem Totenbette lag, durchaus nicht sofort Geltung zu verschaffen; Lehrfreiheit bestand ja damals ohnedies nicht. So sprachen sich Luther und selbst Melanchthon gegen eine Lehre aus, der gemäss die Sonne still stehen und die Erde sich bewegen solle. Die katholische Kirche war, zum Teil wohl infolge des Umstandes, dass Copernicus sein Werk dem Papste Paul III. gewidmet hatte, dem neuen System anfangs nicht unfreundlich gesinnt; später änderte sich indes dieses Verhältnis, und zur Zeit von Galileis Verfolgung wurde auch Copernicus' Buch auf den Index gesetzt.

Während Copernicus als Reformator der theoretischen Astronomie bezeichnet werden kann, hat der dänische Astronom Tycho de Brahe (1546—1601, aus Knudstrup bei Helsingborg), der sich allerdings noch nicht zu der Höhe des Copernicanischen Standpunktes erheben konnte, sondern eine Art Vermittlungssystem aufgestellt hatte, in der Förderung der praktischen Astronomie Hervorragendes geleistet. Die von ihm auf der Insel Hveen angelegte Sternwarte „Uranienburg“, die der Gegenstand allgemeiner Bewunderung war, und späterhin die ihm vom Kaiser Rudolf II. eingerichtete Sternwarte in Prag waren die beiden Hauptstätten seiner Thätigkeit, die sich ebensowohl auf Verbesserung der Instrumente, als auf Sternbeobachtungen richtete. Die zahlreichen und genauen Ergebnisse der letzteren lieferten Kepler, der in Prag sein Gehilfe war, die Grundlage für seine Berechnungen.

3. Physik.

Im XVI. Jahrhundert, in dem die Astronomie noch immer im Vordergrund des naturwissenschaftlichen Interesses stand, schenkte man naturgemäss auch dem Zweig der Physik, der jener Wissenschaft am unmittelbarsten dienen konnte, der Optik, besondere Beachtung. Man war schon auf dem Wege, das Fernrohr zu erfinden, wie die Beschreibung einer gewissen Linsenkombination durch Giambattista della Porta, den Verfasser der „natürlichen Magie“ (1538—1615, aus Neapel) beweist; letzterer beschreibt auch die einfachste Form der camera obscura, deren Wirkungsweise Franciscus Maurolykus (1494—1575, aus Messina) ziemlich richtig dargestellt hatte, und vervollkommnet sie durch Anbringung einer Konvexlinse. Das erste Mikroskop scheint von Zacharias Jansen zu Middelburg im Jahre 1590 zusammengestellt worden zu sein.

In das XVI. Jahrhundert fällt auch die Erfindung der Taschenuhren (Peter Hele oder Henlein, gest. nach 1540, aus Nürnberg), während die aus dem Orient stammenden grossen Räderuhren, wie auch die ebendaher kommenden Sonnen-, Wasser- und Sanduhren im Abendland schon im XI. Jahrhundert angetroffen werden, die erstgenannten meistens auf Kirchen und in Klöstern.

Um die Ausbildung der Theorie des Erdmagnetismus machten sich in jener Zeit besonders Robert Normann, Georg Hartmann (1489—1564, aus der Nähe von Bamberg), der Entdecker der Inklinat ion, und William Gilbert (1540 bis 1603, aus Colchester) verdient. Gilbert war der erste, der die Erde als einen grossen, mit Nord- und Südpol versehenen Magneten betrachtete; der Sitz des Erdmagnetismus war nach ihm das feste Land. Er hat auch die Elektrizitätslehre gefördert, indem er zeigte, dass ausser dem Bernstein, dessen elektrische Eigenschaften schon dem Altertum bekannt waren, noch eine ganze Reihe anderer Körper durch Reiben elektrisch werden, und indem er auf den wesentlichen Unterschied zwischen den elektrischen und den magnetischen Erscheinungen hinwies.

4. Chemie.

In der Chemie hatte sich gegen Ausgang des Mittelalters die alte aristotelisch-scholastische Theorie von den vier, beziehungsweise fünf Elementen allmählich als unhaltbar erwiesen und es war an deren Stelle die zuerst von Basilius Valentinus (XV. Jahrhundert) und von Theophrastus Paracelsus

(1493—1541, aus Einsiedeln in der Schweiz) entwickelte Lehre von den drei alchemistischen Elementen, dem Schwefel, dem Quecksilber, und dem Salz, getreten, aus denen alle Körper zusammengesetzt sein sollten. Die Alchemisten verstanden um jene Zeit unter „Schwefel“ alles was brennt, unter „Quecksilber“ (Mercurius) alles was raucht und sich sublimiert, und unter „Salz“ das, was als unverbrennliche Asche zurückbleibt. Uebrigens war im XVI. Jahrhundert die Lehre von den Elementen noch sehr schwankend, wie z. B. Thomas Campanella (1568—1639, aus Stilo in Calabrien) noch Feuer und Erde als Elemente anerkennt. Ziemlich allgemein wurde aber das Feuer aus der Reihe der Elemente ausgeschieden.

Obgleich alchemistische Anschauungen noch lange fortlebten und noch bis ins XVIII. Jahrhundert hinein durch Männer wie Glauber, Kunkel, Stahl, Boerhave vertreten waren, so wurde der Chemie doch in der Mitte des XVI. Jahrhunderts dadurch eine neue Richtung gegeben, dass sie jetzt auch für die Medizin nutzbar gemacht wurde, und dass man die physiologischen und pathologischen Vorgänge auf chemische Prozesse zurückzuführen suchte (Iatrochemie). Schon bei Basilius Valentinus finden sich Anklänge an diese Lehre, deren Hauptvertreter im XVI. Jahrhundert Paracelsus war. Gewissermassen auf der Grenze zwischen der alchemistischen und der medizinischen Richtung der Chemie steht Andreas Libavius (1540—1616, aus Halle), der Verfasser des ersten Handbuchs der Chemie (1595) und der Entdecker des flüchtigen Zinnchlorids (Spiritus fumans Libavii).

Eine selbständigere Stellung der damals herrschenden Theorie gegenüber nahmen Georg Agricola und Bernhard Palissy ein. Der erstere (vgl. Mineralogie) beschäftigte sich vorzugsweise mit Metallurgie, der letztere mit Keramik.

Unter den wenigen organischen Präparaten des XVI. Jahrhunderts sei speziell der Weingeist hervorgehoben, dessen Bereitung durch Destillation aus Wein übrigens schon zur Zeit des Marcus Graecus bekannt war und nunmehr allmählich vereinfacht und verbessert wurde. Er hiess seiner Bedeutung für die Heilkunde entsprechend meist aqua vitae (Lebenswasser); der Name Alkohol findet sich zuerst bei Libavius.

5. Medizin.

Die Medizin hatte während des Mittelalters so wenig als die übrigen Naturwissenschaften Fortschritte gemacht; die Lehren von Galen und Avicenna waren bis ins XVI. Jahrhundert mass-

gebend geblieben. Nun wurde aber der Autoritätsglauben und die scholastische Praxis allmählich aufgestört; so wagte es z. B. Pierre Brissot (1478—1522, aus Fontenay-le-Comte in Poitou), die Aderlassmethode des Hippokrates (starke Blutentziehung nahe am erkrankten Ort) im Gegensatz zu der allgemein üblichen (schwache Blutentziehung am entfernten Ort) zu verteidigen.

Vor allem aber trat dadurch eine Wendung zum Besseren ein, dass die Grundlage der medizinischen Wissenschaft, die Anatomie, durch Andreas Vesal (eigentlich Witting, 1514 bis 1564, aus Wesel) wieder belebt oder vielmehr neu begründet wurde; die Zeichnungen zu seinem Hauptwerk (*humani corporis fabrica*) wurden, wenn nicht von Tizian (1477—1576) selbst, so doch von dessen Schüler Johann von Calcar angefertigt. Uebrigens sind uns schon von den Meistern des klassischen Zeitalters der italienischen Malerei, Leonardo da Vinci, Michel Angelo (1474—1564) und Raffael Santi (1483—1520) Skizzen überliefert, aus denen die Sorgfalt der anatomischen Vorstudien jener Künstler hervorgeht.

In anderer Weise machte sich der den Fortschritten der Anatomie fernstehende Paracelsus um die Weiterentwicklung der Medizin verdient, insofern er nämlich dem hergebrachten Galenischen System (u. a. in seinen an der Universität Basel in deutscher Sprache gehaltenen Vorträgen) kritisch gegenübertrat, auf die Wichtigkeit einer unbefangenen Naturbetrachtung und den Einfluss der Natur auf den Heilungsprozess aufmerksam machte und neben manchem Irrtümlichen und Phantastischen doch auch positive Leistungen, vorzugsweise auf dem Gebiet der Therapie, aufzuweisen hatte. Für ihn ist jede Krankheit gewissermassen ein individuelles Wesen, das durch ein spezifisches Mittel (*arcanum*) zu bekämpfen ist; daraus ergab sich einerseits die Herstellung der „einfachen“ Stoffe (Essenzen, Tinkturen, Extrakte) und andererseits die Empfehlung von (verhältnismässig) „einfachen“, besonders auch das Mineralreich berücksichtigenden, Rezepten.

6. Naturgeschichte.

Als gegen das Ende des XV. und im XVI. Jahrhundert der kritische Geist der Renaissance die Sprachforscher zunächst in Italien, weiterhin aber auch in Deutschland veranlasste, die in den alten Naturgeschichten enthaltenen Beschreibungen mit der Natur selbst zu vergleichen, wobei freilich anfänglich das naive Missverständnis mitunterlief, die fraglichen zum Teil dem Orient entstammenden Pflanzen und Tiere müssten sämtlich auch

in Deutschland aufzufinden sein, als ferner durch die Entdeckungen der Seefahrer eine Ueberfülle neuen Beobachtungsmaterials nach Europa strömte, da erwachten Botanik und Zoologie zu neuem Leben, wenn sie auch zunächst noch in Abhängigkeit von Philologie und Medizin blieben; man trat in die Periode der encyklopädischen Darstellungen ein. Es ist einleuchtend, wie sehr die neuen Bestrebungen durch die Erfindung der Buchdruckerkunst und namentlich auch durch die hohe Entwicklung des Holzschnitts (Albrecht Dürer, 1471—1548) gefördert werden mussten.

Die hervorragendsten Herausgeber von illustrierten Kräuterbüchern „Herbarien“ aus dem XVI. Jahrhundert waren in Deutschland Otto Brunfels aus Braunfels im Lahnthal (1488 bis 1536), Hieronymus Bock (Tragus) aus Heidelberg (1498 bis 1554), Leonhard Fuchs von Tübingen (1501—1566, Fuchsien!) und der Frankfurter Stadtarzt Adam Lonicer (1528 bis 1586). Ferner sind zu erwähnen die Italiener Andreas Mattioli von Siena, Leibarzt des Kaisers Rudolf II. (1501—1577) und Andreas Caesalpinus aus Arezzo (1519—1603), der die Befruchtungsteile als Basis der Klassenbildung betrachtet, die Niederländer Rembert Dodonaeus (1517—1585) und Matthias Lobelius (1538—1616), welcher letzterer schon gewisse natürliche Familien (Farren, Gräser, Lilien) aufstellte. Unter den Schweizern ragten hervor der edle und selbstlose, vielseitige Forscher Conrad Gesner aus Zürich (1516—1569), dem es allerdings nicht vergönnt war, sein botanisches Hauptwerk, das seiner grossen Tiergeschichte entsprechen sollte, zu vollenden; sowie die beiden Brüder Johann Bauhin (1541—1613) und Caspar Bauhin (1560—1624) aus Basel, von denen der letztgenannte sich um die damals sehr darniederliegende botanische Synonymik verdient gemacht hat (cfr. XVII. Jahrhundert). In dem für die Geschichte der Botanik so bedeutungsvollen XVI. Jahrhundert wurden auch schon botanische Gärten (zuerst in Italien) und Sammlungen getrockneter Pflanzen angelegt.

Eine systematische Bearbeitung der Zoologie wurde von dem Arzte Eduard Wotton (1492—1555, aus Oxford) im engen Anschluss an Aristoteles und mit aner kennenswerter kritischer Sichtung des überlieferten, zum grossen Teil fabelhaften Stoffs, versucht. Mehr Anklang fanden indes die encyklopädischen Werke, unter denen das von Lonicer und in erster Linie das mit verhältnismässig sehr guten Abbildungen geschmückte von Gesner, dem „ersten deutschen Zoologen“, hervorzuheben sind. Ein ähnliches Werk wie das Gesnersche,

nur reicher an Tierformen, besonders an fremden, verfasste Ulysses Aldrovandi (1522—1605, aus Bologna); auch bei ihm finden sich viele Abbildungen, nebst anatomischen Skizzen.

Ausser den Sammelwerken sind übrigens schon ziemlich zahlreiche Monographien über einzelne Klassen und Formen zu erwähnen, wie z. B. die Naturgeschichte der Vögel von Pierre Belon (1518—1564), die durch sorgfältige Bearbeitung ausgezeichnete Beschreibung der Fische durch Guillaume Rondelet (1507—1556) u. a.; wir haben hierin einen Beweis für den Beginn wissenschaftlicher Konzentration zu erblicken.

Die in jener Periode allmählich in Angriff genommene Zootomie stand noch in vollständiger Abhängigkeit von der Medizin, wie denn auch der menschliche Leib den Massstab für den Bau des Tierkörpers abgeben musste. — Fossile Tierformen kannte man bereits, doch steht selbst für Gesner ihr tierischer Ursprung noch nicht unbedingt fest, und auch als man sich über letzteren Punkt klarer wurde, nahm man noch nicht an, dass man es mit Resten ganz ausgestorbener Tiergattungen zu thun hatte.

Die Mineralogie, zu der sich Ansätze bei Avicenna finden, ist im XVI. Jahrhundert vertreten durch Agricola (Georg Bauer aus Glauchau, 1494—1555). Er stellte das erste, bis ins XVIII. Jahrhundert als Norm geltende, System des Mineralreichs auf, wobei er die Mineralien in einfache und zusammengesetzte, die ersteren wiederum in Erden, Konkretionen, Steine und Metalle einteilte.

XVII. Jahrhundert.

Das XVII. Jahrhundert nimmt in der Geschichte der Naturwissenschaften insofern eine bedeutungsvolle Stellung ein, als im Verlauf desselben auf den meisten naturwissenschaftlichen Gebieten neue, allmählich zur heutigen Wissenschaft hinführende Bahnen eingeschlagen wurden. Leider traten in diesem Jahrhundert infolge der unseligen Religionskämpfe, die auf alle Verhältnisse Deutschlands zerrüttend einwirkten, die Deutschen auch bezüglich der naturwissenschaftlichen Forschung einigermassen in den Hintergrund, während die Nationen, die von jenen Kämpfen weniger zu leiden hatten, die Engländer, Italiener, Niederländer und die Franzosen mehr in der Lage waren, die Naturwissenschaften zu fördern.

1. Mathematik.

Die Schwierigkeit, welche der Gebrauch der im Laufe des XVI. Jahrhunderts bedeutend vervollkommeneten trigonometrischen Tafeln für das praktische, besonders astronomische, Rechnen bot, wurde am Anfang des XVII. Jahrhunderts beseitigt durch die Einführung der Logarithmen, deren Grundgedanke auf M. Stifel zurückzuführen ist. Als erster Erfinder der Logarithmen ist nach dem Zeugnis Keplers dessen Freund und Gehilfe Jost Bürgi (1552—1632, aus Lichtensteig im Toggenburgischen), ein geschickter Mathematiker und Mechaniker, zu betrachten, während von dem andern Erfinder derselben, dem schottischen Baron John Neper (Napier, 1550—1617), die erste, grosses Aufsehen erregende Veröffentlichung über diesen Gegenstand, sowie das Wort Logarithmus herrührt (1614). Neper, der sämtliche Fälle des rechtwinkligen sphärischen Dreiecks in dem bekannten Doppelsatz vom Cosinus des mittleren Stücks zusammengefasst und die nach ihm benannten Analogien aufgestellt hat, bemerkte, dass, wenn in Kreisquadranten

parallel zu einem Halbmesser eine Reihe von Sinussen eingezeichnet wird, die in geometrischer Progression abnehmen, ihre entsprechenden Entfernungen vom Kreismittelpunkt in arithmetischer Progression zunehmen; letztere Entfernungen nannte er Logarithmen („Richtungszahlen“). Bürgi dagegen, der seine Tafeln allerdings erst 1620 herausgab und die Logarithmen „rote“, die Numeri „schwarze“ Zahlen nannte, kam auf die Logarithmenrechnung durch Vergleichung der arithmetischen Reihe $0, 1, 2, 3 \dots$ mit der geometrischen $2^0, 2^1, 2^2, 2^3 \dots$; er verwendete die Logarithmenrechnung nicht nur, wie Napier, für trigonometrische, sondern für alle Rechenoperationen. Bürgi wird neben Simon Stevinus (Stevens, 1548—1620, aus Brügge) auch als Erfinder der allerdings durch Frühere vorbereiteten Dezimalbrüche bezeichnet, bei denen Kepler das Komma einführte. Henry Briggs (1560—1630, Professor in London und Oxford) wies darauf hin, dass es zweckmässig sei, die Logarithmen mit den Zahlen wachsen zu lassen, setzte demgemäss $\log 1 = 0$ und $\log 10 = 1$ und nahm auch sofort die Berechnung einer Tafel in Angriff, von der die erste Probe 1618 erschien und die durch den Freund Briggs', Henry Gellibrand, sowie durch den holländischen Buchhändler Adrian Vlacq vervollständigt wurde.

Von Willebrord Snellius (1591—1626, aus Leyden) rührt die erste Lösung der später (1692) von Pothenot behandelten trigonometrischen Aufgabe her.

In der Algebra waren schon am Anfang des XVII. Jahrhunderts u. a. durch Bürgi, wie früher durch Cardano und Viète, Annäherungsmethoden ausgebildet worden, die es gestatteten, die positiven reellen Wurzelwerte algebraischer Gleichungen beliebig genau zu bestimmen. Um die Theorie der Gleichungen hat sich u. a. Thomas Harriot (1560—1621, aus Oxford) verdient gemacht; er benutzte die noch heute gebräuchlichen Ungleichheitszeichen ($>$ und $<$), während das Gleichheitszeichen ($=$) auf den Engländer Recorde (1510 bis 1558) zurückzuführen ist. Besonders hat aber Descartes die Lehre von den Gleichungen gefördert (Zeichenregel, Methode der unbestimmten Koeffizienten, letzte Buchstaben des Alphabets als Unbekannte, heutige Potenzbezeichnung). Auch eine Reihe von schönen zahlentheoretischen Sätzen wurde, zum Teil allerdings ohne Beweis, von Pierre Fermat (1601 bis 1665, aus der Nähe von Montauban) aufgestellt; später (1693) gab Leibniz die erste Anregung zur Determinantentheorie. In der Mitte des XVII. Jahrhunderts wurde auch die Wahrscheinlichkeitsrechnung durch Pascal, Fermat und

Huygens begründet und durch den holländischen Grosspensionär Jean de Witt auf die Berechnung der Lebensrente angewendet. Die Lehre von den in ihren Anfängen bis auf Euklid zurückgehenden Kettenbrüchen wurde ausgebildet durch Pietro Cataldi (1548—1626), der mit ihrer Hilfe Quadratwurzeln auszog und durch Daniel Schwenter (1585—1636, aus Nürnberg), der sich, wie auch Huygens und Wallis, mit der Darstellung ihrer Näherungswerte beschäftigte. — Auch eine Anzahl mechanischer Rechenwerkzeuge hat das XVII. Jahrhundert hervorgebracht, so z. B. den Rechenstab von Napier, die „Skala“ von Edmund Gunter.

Um die Mitte des XVII. Jahrhunderts eröffnete René Descartes (1596—1650, aus Tours) der Geometrie ganz neue Bahnen dadurch, dass er die Algebra in ihren Dienst stellte und somit die analytische Geometrie schuf, die allerdings durch die Arbeiten früherer Mathematiker (Apollonius, Viète u. a.) vorbereitet war; damit war zugleich die Bedeutung der negativen Wurzeln algebraischer Gleichungen dargethan. Jedoch wurde die Geometrie in jener Zeit auch auf Grund der älteren Methoden bereichert. So stellte Girard Desargues (1593 bis 1662, aus Lyon), der durch sein Werk über „Steinschnitt und Perspektive“ die 150 Jahre später ins Leben tretende beschreibende Geometrie vorbereitet hat, den Begriff der Involution auf und entdeckte die perspektivische Beweisführung (Lehrsatz von Desargues über das einem Kegelschnitt einbeschriebene Vierseit). Bonaventura Cavalieri (1598—1647, aus Bologna) bildete zum Zweck der Bestimmung von Flächen- und Kubikinhalten die alte „Exhaustionsmethode“ zu seiner Methode der „unteilbaren Grössen“ aus, die allerdings bald durch die Integralrechnung verdrängt wurde; er hat auch für die nach Paul Guldin (1577—1643, aus St. Gallen) benannte, jedoch schon von Pappus herrührende Regel zuerst einen befriedigenden Beweis geliefert. John Wallis (1616—1703, aus Ashford, Grafschaft Kent), der sowohl Descartes als Cavalieri benützte, hat u. a. das Verdienst, durch seine Schrift über Kegelschnitte die cartesische Methode in weiteren Kreisen verbreitet zu haben (Unendlichkeitszeichen ∞). Blaise Pascal (1623—1662, aus Clermont), der in einer Abhandlung über die Methode der geometrischen Beweisführung den ersten modernen Versuch einer Philosophie der Mathematik machte, und durch Einführung des Schlusses von n auf $n+1$ die „vollständige Induktion“ erfand, hat in seiner (1639 verfassten, aber erst 1779 veröffentlichten) Theorie der Kegelschnitte u. a. den heute noch nach ihm benannten

Satz vom Sehnensechseck aufgestellt, später u. a. die nach ihm genannte „Schnecke“ (limaçon) und besonders auch die Cycloide (Roulette) untersucht, mit welcher letzterer sich auch andere Mathematiker, so Galilei, Roberval, der die Sinuslinie fand, Descartes, Huygens beschäftigten. Ueberhaupt bildete die Theorie der ebenen Kurven und speziell die Lösung der Tangenten- und Normalenprobleme in der auf Pascal folgenden Zeit vielfach den Gegenstand des Studiums der Mathematiker. — Ausser den genannten mag auch Tommaso Ceva (1648—1736, aus Mailand) seines in die Schulgeometrie aufgenommenen Lehrsatzes wegen angeführt werden.

Eine Erfindung von grösster Tragweite war die der Differential- und Integralrechnung. Vorbereitet war diese Methode u. a. schon durch Kepler, Cavalieri, Barrow, den Lehrer Newtons, und Fermat, der die von Kepler gemachte Bemerkung, dass sich eine Funktion in der Nähe ihres grössten und kleinsten Wertes nur sehr wenig ändert, zu Maximal- und Minimalbestimmungen benützte; eigentlich begründet wurde sie aber durch Newton (s. Astronomie) und Gottfried Wilhelm Leibniz (1646—1716, aus Leipzig). Beide Forscher sind ziemlich gleichzeitig und wahrscheinlich unabhängig voneinander auf die neue Methode gekommen, Newton durch Betrachtung von Bewegungserscheinungen, durch Bestimmung der Geschwindigkeit, mit der sich die Funktion ändert, wenn die Veränderung der Variablen eine gewisse Geschwindigkeit besitzt („Fluxionsrechnung“ im wesentlichen identisch mit Differentialrechnung), Leibniz durch geometrische Untersuchungen. Während Newton das Verdienst hat, den Quotienten zweier unendlich kleiner Grössen in klarer Weise als Grenzwert aufgefasst zu haben, hat Leibniz den heute noch gebräuchlichen Algorithmus für die beiden Operationen geschaffen ($\int$ und dx , 1675). Das Wort Integral kommt zum erstenmal (1690) bei Jacob Bernoulli (1655 bis 1705, aus Basel) vor, der bei Gelegenheit der Behandlung eines der damals beliebten „isoperimetrischen“ Probleme auch den Grund zur Variationsrechnung legte. Ueberhaupt haben sowohl Jacob, als sein jüngerer, besonders um die Integralrechnung verdienter Bruder Johann Bernoulli (1667—1748) zur Ausbildung der Infinitesimalrechnung und zur Anwendung derselben auf die Kurvendiskussion (logarithmische Linie, Kettenlinie, Cycloide als Brachistochrone, Evolventen und Evoluten verschiedener Art) sehr viel beigetragen, Bemühungen, an denen sich auch Huygens, Tschirnhausen (1651—1708, aus der Nähe von Görlitz), Leibniz u. a. beteiligten.

Auch die Lehre von den unendlichen Reihen wurde im

XVII. Jahrhundert bedeutend gefördert. Newton, der sie zur Darstellung von Grössen in sehr ausgiebiger Weise benützte, stellte die Binomialreihe für beliebige reelle Exponenten auf, ferner die Exponentialreihe, die Sinus- und Cosinusreihe u. ä. (Interpolationsformel); ebenso hatte er auch die von Nicolaus Mercator (1620—1687, aus Holstein) und von James Gregory (1638—1675, aus Aberdeen) bekannt gemachte Logarithmenreihe schon früher gefunden. Gregory und Leibniz entwickeln unabhängig voneinander die $\arctan$ -Reihe und deren speziellen Fall für $\frac{\pi}{4}$; letzterer beschäftigte sich auch mit der Theorie der Reihen (Konvergenz und Divergenz), die dann von den beiden Bernoulli weiter ausgeführt wurde (Bernoullische Zahlen).

2. Astronomie.

In der Geschichte der Astronomie ist Kepler kraft seiner in gewisser Beziehung abschliessenden Arbeiten der letzte bedeutende Vertreter derjenigen Periode dieser Wissenschaft, die man als die geometrische bezeichnen kann; der Eintritt in eine neue Phase wird durch Galilei vermittelt, der die Grundzüge der Lehre von der Bewegung und den Kräften aufstellte, während Newton, ausgerüstet mit den neu geschmiedeten Waffen der analytischen Geometrie und der Infinitesimalrechnung, in seiner Gravitationsmechanik der astronomischen und physikalischen Mechanik überhaupt einen gewissen Abschluss gab.

Johannes Kepler (1571—1630, aus Weil d. St. in Württemberg), ein Mann, der sein Leben lang unter dem Druck ungünstiger Verhältnisse, unter Nahrungssorgen und Anfeindung von kirchlicher Seite zu leiden hatte, sich aber dadurch in der Begeisterung für seine Wissenschaft nicht beirren liess, lebte nach kürzerem Aufenthalt in Graz und in Ungarn von 1600 an als „kaiserlicher Mathematikus“, dem man aber trotz dieses schön klingenden Titels seinen Gehalt meist schuldig blieb, in Prag. Ihm gelang es, mit Hilfe des bedeutenden Beobachtungsmaterials, das ihm in Prag zu Gebot stand, und das er selbst noch vermehrte, die copernikanische Lehre unter Beseitigung ihrer Hauptschwäche (der Kreisform der Planetenbahnen) in eine scharfe mathematische Form zu bringen. Seine berühmten drei Gesetze lauten: 1) Jeder Planet bewegt sich in einer Ellipse, in deren einem Brennpunkt sich die Sonne befindet; 2) der Radiusvektor eines Planeten beschreibt in gleichen Zeiten gleiche Flächen; 3) die Quadrate der Umlaufzeiten der

Planeten verhalten sich wie die Würfel ihrer mittleren Entfernung von der Sonne. — Die von Kepler ausgearbeiteten „Rudolfinischen“ Tafeln übertrafen alle ähnlichen Arbeiten jener Zeit.

In Italien hatte die Lehre von der Bewegung der Erde ihren Hauptvertreter in Galileo Galilei (geb. den 18. Febr. 1564, dem Todestage von Michel Angelo, gest. 1642, aus Pisa). Derselbe machte mit Hilfe des kurz zuvor (vgl. Physik) in Holland erfundenen und von ihm sofort nachgebildeten Fernrohrs eine Reihe von Entdeckungen am Himmel; so fand er z. B. die Ringgebirge im Monde, die Jupitertrabanten, die Phasen von Venus und Mars, auch die ersten Spuren des Saturnrings. Ein grelles Licht auf die Unduldsamkeit jener Zeit, auch in Dingen, die nach unsern heutigen Begriffen rein wissenschaftlicher Art, also Gegenstand freier Forschung sind, wirft die Behandlung Galileis durch die Kirche. Nachdem er schon 1616 durch den Kardinal Bellarmín aufgefordert worden war, fernerhin nicht mehr die Eigenbewegung der Erde zu lehren, gelang es später seinen Feinden, Papst Urban VIII., der ihm bis dahin Wohlwollen bewiesen hatte, gegen ihn einzunehmen durch die Behauptung, mit einer der drei Personen, die in Galileis „Dialog über die zwei Weltsysteme“ auftreten, sei der Papst selbst gemeint. Der grosse Forscher wurde, wenn auch vielleicht nicht gefoltert, so doch genötigt, knieend die copernikanische Lehre abzuschwören, ein Zwang, gegen den er vor sich selbst durch das sprichwörtlich gewordene „E pur si muove“, das er leise vor sich hing gesprochen haben soll, Verwahrung einlegte.

Die Erfindung des Fernrohrs ermöglichte auch anderen Beobachtern des XVII. Jahrhunderts eine Reihe der wichtigsten astronomischen Entdeckungen, während allerdings die Ausnützung des Fernrohrs für Messungszwecke späteren Zeiten vorbehalten blieb. So fanden Johannes Fabricius (1610) und bald darauf der Jesuit Christoph Scheiner (1575—1650, aus Walda in Schwaben) die Sonnenflecken auf, ein Erfolg, der dem letzteren übrigens zunächst eine derbe Strafpredigt seitens seines Provincials Busäus wegen dieser Abweichung von der Lehre des Aristoteles eintrug. Die Planetenphasen wurden u. a. von Francesco Fontana und von Domenico Cassini (1625—1712, aus der Nähe von Nizza) studiert. Huygens fand den ersten (der Reihenfolge der Abstände vom Saturn nach sechsten) Saturntrabanten, Halley (1656—1724, aus der Nähe von London) entdeckte die Periodicität der Kometen; von Höwelcke (genannt Hevelius) rührt die beste Mondkarte jener Zeit her.

In die zweite Hälfte des XVII. Jahrhunderts fallen zwei Entdeckungen, die zwar auf astronomischem Boden gemacht wurden, deren Bedeutung aber weit über das Gebiet der Astronomie hinausreicht, nämlich die Auffindung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes und die des Gravitationsgesetzes. — Olaf Römer (1644—1710, aus Aarhuus) folgerte (1676) aus einem der Berechnung gegenüber verspäteten Austritt eines Jupitertrabanten, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes im Verhältnis zur Bewegung der Erde nicht unendlich gross sei, und berechnete jene aus den Beobachtungen zu 42000 Meilen in der Sekunde. — Isaac Newton (1642—1726, aus Whoolsthorpe in Lincolnshire), von dem erzählt wird, dass er als Knabe „einer der letzten in der letzten Bank“ gewesen sei, war es beschieden, eines der wichtigsten und fruchtbarsten unter den uns bekannten Naturgesetzen auszusprechen. Das von ihm schon 1666 vermutete, 1682 aber, wo er in den Besitz einer genauen Zahlenangabe über die Länge des Erdgrads kam, zur Gewissheit gewordene Gravitationsgesetz lautet in der allgemeinen Fassung, die ihm heute gewöhnlich gegeben wird: „Die Kraft der Anziehung ist gerade proportional dem Produkt der anziehenden Massen, umgekehrt proportional dem Quadrate ihrer Entfernung“. (Während die ptolemäische Lehre die scheinbare Bewegung der Himmelskörper, Copernikus annähernd richtig deren wahre Bahn angiebt, und während Kepler die letzterer zu Grunde liegenden mathematischen Gesetze findet, deckt Newton die physikalische Grundwahrheit auf, aus der sich jene Gesetze ergeben.)

Auf dem Gebiet der praktischen Astronomie ist aus der zweiten Hälfte des XVII. Jahrhunderts hervorzuheben die Verbesserung der Pendeluhr und des Fernrohrs durch Huygens, die Erfindung des Passageninstruments durch Römer, die der Röhrenlibelle durch Thévenot, die Konstruktion des ersten Spiegelsextanten durch Newton.

3. Physik.

Während auf physikalischem Gebiet bis zum Ende des XVI. Jahrhunderts nur die Optik Gegenstand zusammenhängender naturwissenschaftlicher Behandlung gewesen war, legte Galilei nunmehr auch den Grund zu einer wissenschaftlichen Mechanik, nachdem ihm Männer wie Simon Stevinus (s. Mathematik), der das Parallelogramm der Kräfte in einzelnen Fällen anwendete, darin vorgearbeitet hatten. Galilei

stellte die Lehre von der gleichförmigen und gleichförmig beschleunigten Bewegung auf und leitete daraus die Gesetze des freien Falls, der Bewegung auf der schiefen Ebene, des Wurfs und des mathematischen Pendels ab. Er lehrte das Gesetz von der Zusammensetzung und teilweise auch von der Zerlegung der Kräfte, ferner das Trägheitsgesetz in allgemeiner Form und wendete das Prinzip der virtuellen Bewegungen auf einzelne Fälle an; die Schwerkraft dagegen betrachtete er noch als konstante Grösse. — Christian Huygens (1629—1695, aus dem Haag) förderte die weitere Ausbildung der Dynamik hauptsächlich durch seine Arbeiten über die Theorie des Pendels, des Stosses und der centrifugalen Beschleunigung, für die er den Ausdruck $\frac{V^2}{r}$ fand. Die praktische Mechanik verdankt ihm die Konstruktion der Pendeluhren. Räderuhren (Gewichts- und Federuhren) waren zwar schon bekannt, aber wegen ihrer unvollkommenen Reguliervorrichtung (anfänglich nur Windflügel, später die sog. „Bilanz“) sehr unzuverlässig. Wohl hatte schon Galilei gegen Ende seines Lebens den Gedanken gehabt, das Pendel zur Regulierung der Uhr zu benützen; aber eine wirklich brauchbare Pendeluhr hat doch erst Huygens konstruiert. Dagegen wird letzterem die Erfindung der Unruhe an der Taschenuhr von Robert Hooke (1635—1703, von der Insel Wight) wohl mit Recht streitig gemacht. — Den der galileischen Theorie noch anhaftenden Mangel beseitigte Newton durch sein Gravitationsgesetz (s. Astronomie) und durch die sich daran anschliessende Lehre von der krummlinigen Bewegung; überhaupt ist es Newton, welcher der durch Galilei eingeleiteten Entwicklung der allgemeinen Mechanik durch sein berühmtes Lehrbuch (1687) einen gewissen Abschluss giebt und der „Wirbeltheorie“ von Descartes den Boden entzieht.

Auch die Hydro- und Aeromechanik machte im XVII. Jahrhundert wesentliche Fortschritte. Stevinus stellte seine hydrostatischen Sätze auf, in denen er den Aufdruck, den Seitendruck und den Bodendruck einer Flüssigkeit bestimmte; speziell von letzterem wies er nach, dass er unabhängig von der Form des Gefässes sei. Otto von Guericke (1602 bis 1686, aus Magdeburg) erfand die Luftpumpe, wenn auch zunächst noch in unhandlicher Form, und heute noch wird die Vorrichtung, vermittelt derer er 1654 vor dem Kaiser Ferdinand III. auf dem Reichstag zu Augsburg die Wirkung des Luftdrucks nachwies, unter dem Namen der „Magdeburger Halb-

kugeln“ zu gleichem Zwecke benützt. Im Verlauf seiner Versuche lernte Guericke auch die Elastizität und das Gewicht der Luft kennen; ausserdem stellte er mit Hilfe seiner Luftpumpe ein Wasserbarometer her, obgleich er von der Torricelli'schen Röhre noch nichts wusste, so dass er als einer der Erfinder des Barometers bezeichnet werden kann, wie es überhaupt unrichtig wäre, die Erfindung dieses Instruments einem einzelnen Mann zuschreiben zu wollen. Indessen rührt der Fundamentalversuch, durch welchen vermittelt einer Quecksilbersäule nicht nur die Thatsache, sondern auch die Grösse des Luftdrucks nachgewiesen wird, von Evangelista Torricelli (1608—1647, aus Faenza in Toscana), dem bedeutendsten unter den Schülern Galileis, her (1643), nachdem letzterer selbst schon festgestellt hatte, dass die Luft eine Wassersäule von 18 Florentiner Ellen zu tragen vermöge. Fünf Jahre später (1648) zeigte Pascal durch einen von ihm veranlassten Versuch, dass sich das Barometer zur Bestimmung von Höhendifferenzen verwenden lasse und 1695 gab dann Halley die richtige Formel $h = C \log \frac{b_0}{b_h}$ hiefür an, allerdings ohne

Korrektur für Temperatur, geographische Breite u. s. w. Eine bedeutsame Entdeckung, die man Torricelli verdankt, ist die des Gesetzes für die Ausflussgeschwindigkeit des Wassers, das er allerdings nur in der Form $V = A \sqrt{h}$ angiebt, während die heute übliche Formel $V = \sqrt{2gh}$ von Johann und Daniel Bernoulli herrührt. Robert Boyle (1627—1691, aus Lismore Castle in Irland) fand, dass bei konstanter Temperatur das Volumen einer Luftmasse ihrem Druck umgekehrt proportional ist, ein Satz, der in der Regel den Namen des Mariotte'schen Gesetzes führt, obgleich Edme Mariotte (1620—1684, aus dem Dép. Saône et Loire) dasselbe erst etwa 18 Jahre später, allerdings unabhängig von Boyle, aufgefunden hat.

Eine wissenschaftliche Wärmelehre konnte sich erst entwickeln, wenn ein Instrument hergestellt war, das den Wärmezustand eines Körpers objektiv anzeigte. Die erste derartige Vorrichtung verdankt man ohne Zweifel Galilei, der das Thermoskop wahrscheinlich schon am Ende des XVI. Jahrhunderts erfand; es war dies eine Art Luftthermometer, das aber zugleich unter dem Einfluss der Schwankungen des atmosphärischen Luftdrucks stand. Die Accademia del Cimento (1657—1667) verwendete Alkoholthermometer, aber ohne Fixpunkte („Florentiner Thermometer“), während der eben dieser Akademie angehörige Carlo Renaldini (1615—1698, aus Ancona) als solche den Gefrier- und den Siedepunkt des Wassers vorgeschlagen hat (1694);

bald wurde auch der Alkohol durch das Quecksilber ersetzt. Halley wies zuerst die Beständigkeit des Siedepunkts für Wasser und Alkohol nach; doch wählte noch Newton als Fixpunkte für sein Leinölthermometer die Temperaturen des Eispunkts und des menschlichen Körpers. Guillaume Amontons (1663 bis 1705, aus Paris) stellte das erste Luftthermometer her, bei dem das Volumen der eingeschlossenen Luft konstant gehalten wurde, wie er auch den Einfluss der Wärme auf das Barometer erkannte. — Die „Glasthränen“ wurden zuerst von Reyher in Leyden beobachtet (1656).

Die technische Verwendung des Dampfes, dessen Spannkraft schon im Altertum und Mittelalter zu allerhand überraschend wirkenden Vorrichtungen benützt worden war, nahm gegen das Ende des XVII. Jahrhunderts allmählich eine Form an, die der unserer heutigen Maschinen schon etwas näher kam. In den Einrichtungen von Edward Somerset, Marquis of Worcester (1601—1667) und von Thomas Savery (1650—1716, aus Shilston), welche zur Hebung von Wasser bestimmt waren, wirkte der Dampfdruck zunächst noch direkt auf die Oberfläche des Wassers, wobei Savery zugleich aus der durch Abkühlung bewirkten Kondensation des Dampfes Nutzen zog. Erst Denis Papin (1647 bis ca. 1712, aus Blois), dessen Namen der von ihm erfundene, mit Sicherheitsventil versehene Topf heute noch trägt, suchte in einem allerdings noch sehr mangelhaften, wohl nach dem Vorbild der Luftpumpe konstruierten Apparat einen in einem vertikalen Cylinder beweglichen Kolben durch Einleitung von Dampf und darauffolgende Kondensation des letzteren vermittelst kalten Wassers zu heben und zu senken; er wendete seine Erfindung zur Fortbewegung eines Ruderbootes an.

In der Optik folgte auf die noch am Ende des XVI. Jahrhunderts gemachte Erfindung des Mikroskops am Anfang des XVII. Jahrhunderts (1608) die des „holländischen“, aus einer Konkav- und einer Konvexlinse zusammengesetzten Fernrohrs durch den Middelburger Brillenschleifer Franz Lippershey. Angeregt durch diese Erfindung zog Kepler die Optik in den Bereich seiner Studien und stellte in seiner Dioptrik (1611) eine Theorie des Auges und des Fernrohrs auf, in der er allerdings noch die nur für kleine Winkel zulässige Annahme der Proportionalität zwischen Einfallswinkel und Brechungswinkel machte; die genaue Form des Brechungsgesetzes wurde (1621) durch Willebrord Snell aufgefunden. Kepler gab dann auch, geleitet durch die von ihm gefundenen Gesetze, die Zusammensetzung eines aus zwei Konvexlinsen bestehenden Fernrohrs an, das den Uebelstand des holländischen

Fernrohrs, das beschränkte Gesichtsfeld, vermied, im Innern des Rohrs ein reelles Bild erzeugte, daher später auch die Anbringung des für Winkelmessung unentbehrlichen Fadenkreuzes gestattete, aber die Gegenstände verkehrt darstellte („astronomisches“ Fernrohr). Einige Jahre darauf wurde dieses Instrument durch den Jesuiten Christoph Scheiner wirklich hergestellt; später konstruierte der Kapuziner Maria Schyrl (Schyrlaeus, 1597—1660, im Kloster Rheit in Böhmen) ein terrestriſches, aus vier Konvexlinsen bestehendes Fernrohr, das aufrechtstehende Bilder lieferte. Das erste Spiegelteleskop wurde 1668 von Newton konstruiert, nachdem das demselben zu Grund liegende Prinzip schon früher von dem Jesuiten Nicolo Zucchi (1586—1670, aus Parma) und später wieder von James Gregory (s. Mathematik) ausgesprochen worden war.

Die theoretische Optik wurde durch Francesco Grimaldi (1618—1663, aus Bologna) bereichert, dem wir die Kenntnis der Dispersion (Farbenzerstreuung) und der Inflexion (Beugung, von Grimaldi selbst auch Diffraktion genannt) verdanken, und der schon von wellenförmiger Bewegung des Lichtes spricht. Robert Hooke beobachtete zuerst die später von Newton erschöpfend beschriebenen Farben dünner Plättchen und Hieronymus Bartholinus (1625—1698, aus Roeskilde) die Doppelbrechung des Lichtes im isländischen Kalkspat. — Gegen das Ende des Jahrhunderts entspinnt sich der Kampf zwischen der Huygens'schen Undulationstheorie und der Newton'schen Emanationstheorie; letztere, gestützt durch die gewaltige Autorität des Erfinders, vermochte sich, obwohl unrichtig, der ersteren gegenüber bis in das XIX. Jahrhundert herein zu halten.

Minder bedeutende Fortschritte als die Optik machte im XVII. Jahrhundert die Akustik, betreffs deren hauptsächlich die Versuche von Pierre Gassendi (1592—1655, aus Champtercier bei Digne in der Provence) u. a. über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalls und deren Unabhängigkeit von der Tonhöhe, sowie die Beobachtung der Saitenschwingungen und die Wahrnehmung der Obertöne durch Mersenne, später auch durch Noble und Pigott und etwa noch die Erfindung des Sprachrohrs durch Moreland zu erwähnen sind.

Auf dem Gebiet der Elektrizität und des Magnetismus sind eigentlich nur die Arbeiten Gilberts, die noch in das XVI. Jahrhundert zurückragen, und diejenigen Guerickes von Belang. Letzterer stellte eine Vorrichtung her, die als primitives Vorbild der Elektrisiermaschine betrachtet

werden kann (im wesentlichen eine Schwefelkugel, die gerieben wurde) und beobachtete die elektrische Abstossung, die Gilbert entgangen war.

4. Chemie.

Die erste Hälfte des XVII. Jahrhunderts gehört noch der durch Paracelsus ins Leben gerufenen iatrochemischen Periode an, die wegen des Uebergangs der chemischen Forschung aus den Händen „ungebildeter Laboranten“ in die wissenschaftlich gebildeter Männer von besonderer Bedeutung ist und als eine Art Lehrzeit für die chemische Wissenschaft bezeichnet werden kann; doch finden sich bereits Anzeichen weiteren Fortschritts. Solange die Vorstellung von der Möglichkeit der Verwandlung einer Substanz in eine andere noch herrschend war, konnte sich die chemische Theorie nicht weiter entwickeln; erst als man begann, die verschiedenen Eigenschaften der Körper aus der verschiedenen Konstitution der unveränderlichen Materie zu erklären, kam man dem Grundgedanken der modernen Atomistik näher. Unter den Männern, welche diese Bahn betraten, ist in erster Linie Johann Baptist van Helmont (1577—1644, aus Brüssel) zu nennen. Trotz mancherlei, zum Teil aus seiner Neigung fürs Mystische zu erklärenden Irrtümern hat er den Grundgedanken von der Erhaltung des Stoffs für einzelne Fälle ausgesprochen und die unklaren Vorstellungen von der Bildung chemischer Verbindungen berichtigt, indem er lehrte, dass der ursprüngliche Körper, auch wenn er chemische Umwandlungen durchmacht (wie Kupfer im Kupfervitriol, Silber in seinen Salzen, Kieselerde im Wasserglas), in den neuen Verbindungen erhalten bleibt. Auch den Begriff der Gärung behandelte er, freilich in einer weniger klaren Weise, und ist dadurch, dass er die von Paracelsus für nicht darstellbar gehaltenen Bestandteile der organischen Materien aufsuchte und ihre Reaktionen ausserhalb der Organe mit den in letztern vor sich gehenden verglich, in gewissem Sinne der Gründer der chemischen Physiologie geworden. Ferner hat Helmont in seinen Untersuchungen über die Gase die pneumatische Chemie begründet, die sich freilich erst über ein Jahrhundert später weiter entwickelte; das Wort „Gas“ als Bezeichnung für die luftförmigen Körper im Gegensatz zu den dampfförmigen rührt von ihm her. — Zu den letzten hervorragenden Iatrochemikern gehört Otto Tachenius (Mitte des XVII. Jahrhunderts, aus Herford in Westfalen) und besonders Johann Rudolf Glauber (1604—1668, aus Karlstadt in

Franken). Letzterer, nach dem das schwefelsaure Natron noch heute benannt wird, war für Beobachtung und Darstellung neuer Verbindungen hervorragend begabt und hat sich besonders um die technische Chemie verdient gemacht. Auch in theoretischer Beziehung bekundete er manche richtige Anschauung, z. B. über chemische Verwandtschaft bei Zersetzung von Salzen durch Säuren oder Basen; er erklärte zuerst einen Fall von doppelter Wahlverwandtschaft (Quecksilberchlorid und Schwefelantimon) in richtiger Weise.

Die technische Chemie machte im iatrochemischen Zeitalter besondere Fortschritte auf dem Gebiete der Metallurgie, der Töpferei, der Glasbereitung (venetianische Fabrikate) und der Färberei. Der von den Iatrochemikern besonders als Lösungsmittel viel verwendete Weingeist wurde auch als Getränke immer mehr geschätzt, so dass das gegen Ende des XV. Jahrhunderts entstandene Gewerbe der Branntweinbrennerei einen bedeutenden Aufschwung nahm.

In der zweiten Hälfte des XVII. Jahrhunderts brach für die Chemie ein neues, etwa 125 Jahre umfassendes Zeitalter an, als der geniale, bescheidene Boyle die Fesseln alchemistischer und iatrochemischer Zwecke und Vorstellungen abwarf und die Chemie durch Einführung der rein experimentellen Methode zum Rang einer echten Naturwissenschaft erhob. Er definierte zuerst den Begriff Element als nachweisbaren, unzerlegbaren Bestandteil eines Körpers und sagte die Entdeckung einer viel grösseren Anzahl von Elementen voraus, als damals angenommen wurden, während er andererseits die elementare Natur gewisser damals als Elemente angesehenen Stoffe bestritt; er stellte in unzweideutiger Weise den Satz auf, dass die auf Grund der Verwandtschaft entstandene Verbindung im Gegensatz zum Gemenge ganz andere Eigenschaften zeige als die einzelnen Bestandteile. Seiner schon an die modernen Anschauungen erinnernden Corpusculartheorie nach bestehen alle Körper aus kleinsten Teilchen, und die chemischen Verbindungen bilden sich dadurch, dass sich die Teilchen der verschiedenen Stoffe gegenseitig anziehen und aneinander lagern. Boyle hat den Begriff der chemischen Reaktion festgestellt und die analytische Chemie wesentlich gefördert, wie auch die heutige chemische Bedeutung des Wortes „Analyse“ wahrscheinlich auf ihn zurückzuführen ist. Es ist ihm allerdings noch nicht gelungen, die Verbrennung zu erklären, aber er hat doch durch seine experimentelle Untersuchung der Mitwirkung der Luft bei der Verbrennung die ein Jahrhundert später erfolgende Auffindung der Erklärung dieser

und ähnlicher Erscheinungen erleichtert, wie er andererseits dadurch auf sein Luftdruckgesetz geführt worden ist.

Die hervorragendsten französischen Chemiker jener Zeit, Nicolas Lémery (1645—1715, aus Rouen) und Wilhelm Homberg (1652—1715, geboren in Batavia, gestorben in Paris), denen die praktische Chemie manches verdankt, erreichen Boyle hinsichtlich der wissenschaftlichen Erklärung der chemischen Prozesse bei weitem nicht. Dasselbe gilt von Johann Kunckel (ca. 1630—1702, aus der Nähe von Rendsburg), der sich ebenfalls in der chemischen Praxis hervorthat, u. a. den schon von dem Hamburger Alchemisten Brand 1669 durch Destillation von eingedampftem Harn hergestellten, aber geheim gehaltenen Phosphor wieder entdeckte, während allerdings seine theoretischen Anschauungen noch ganz von alchemistischen Irrtümern durchsetzt sind. — Umgekehrt hat sich Johann Joachim Becher (1635—1682, aus Speier) mehr mit der chemischen Theorie beschäftigt; die alchemistischen Elemente Quecksilber, Salz und Schwefel ersetzt er durch die „merkurialische“, die „verglasbare“ und die „brennbare“ Erde. Nach seiner übrigens auch viel früher schon in den Grundzügen vorhanden gewesenen Anschauung entweicht bei der Verbrennung der Körper und ebenso bei der „Verkalkung“ (Oxydation) der Metalle die brennbare Erde, eine Vorstellung, aus der sich dann die Phlogistontheorie Stahls entwickelte.

5. Medizin.

Auf medizinischem Gebiet treten im XVII. Jahrhundert die Deutschen hinter den Engländern, Italienern, Niederländern und, wenn auch in geringerem Grade, hinter den Franzosen zurück. Die Einwirkung der Physik und Chemie beginnt sich geltend zu machen, allerdings noch nicht durchweg zum unmittelbaren Nutzen der Medizin im engeren Sinne, da durch die jener Einwirkung entspringenden Theorien der Hauptzweck der Medizin, das Heilen selbst, öfter in den Hintergrund gedrängt wurde. Man kann im XVII. Jahrhundert drei medizinische Systeme unterscheiden, das mystische, auf der Lehre von Paracelsus beruhende van Helmont's, das iatrochemische und das iatromechanische.

Helmont schrieb dem Menschen einen ursprünglich von Gott ausströmenden Geist zu, dem die auch den Tieren eigene empfindende und begehrende Seele untergeordnet ist, während unter letzterer wiederum der „Archeus“ steht, der den Menschen und Tieren, sowie den leblosen Naturkörpern zu-

kommt und beim Menschen seinen Sitz in Milz und Magen hat; die Krankheiten entstehen dadurch, dass der Archeus das Ferment des Magens an „falsche Orte“ schickt.

Die Iatrochemie, ausgebildet durch Franz de le Boë (Sylvius, 1614—1672, aus niederländischer Familie, aber in Hanau geboren) sucht die Vorgänge im menschlichen Körper und die Wirkung der Heilmittel durch chemische Prozesse zu erklären, wobei an Stelle der vier Kardinalsäfte Galens die drei Säfte Speichel, Pankreassaft und Galle, an Stelle der „Pneumaarten“ die „Lebensgeister“, an die der Galenschen Grundkräfte „Gärung“ und „Efferveszenz“ und an die der Qualitäten „Säure“ und „Alkali“ treten. Die Krankheiten entstehen entweder aus „saurer Schärfe“ oder aus „alkalischer Schärfe“, und die Heilmittel sind demgemäss nur dazu bestimmt, die Säure und das Alkali zu beseitigen. — Eine von der des Sylvius sehr verschiedene, aber auch als iatrochemisch zu bezeichnende Theorie stellte der gleich Sylvius um die Anatomie, besonders des Nervensystems, verdiente Thomas Willis (1622—1675, aus Oxford) auf.

Als erster Vertreter der iatromechanischen (iatromathematischen, iatrophysischen) Theorie ist Santorio Santoro (1561—1635, aus Capo O'Istria, Professor in Padua) zu betrachten, während der eigentliche Begründer der entsprechenden „Schule“ Giovanni Alfonso Borelli (1608—1679, aus Neapel) ist. Diese Richtung zog im Gegensatz zu der vorher genannten hauptsächlich die festen Teile in Betracht („Solidarpathologie“ im Gegensatz zur „Humoralpathologie“); sie suchte z. B. die Verdauung auf mechanische Zermalmung, die Atmung auf die Mechanik der Brustbewegung, die Körperwärme auf die Reibung der Blutkörperchen, die Herzwirkung auf den Mechanismus der Pumpen, die Empfindung auf Schwingungen der Nerven zurückzuführen. Gesundheit ist für diese Schule ungestörter Verlauf der physikalischen und mechanischen Vorgänge im Körper, Krankheit ist eine Störung der letzteren; in der Therapie hielten sich ihre Vertreter übrigens meist an die Erfahrung resp. an Hippokrates. — Als selbständig denkender Arzt verdient Thomas Sydenham (1624—1689, aus Windford-Eagle in Dorsetshire) Erwähnung.

In das XVII. Jahrhundert fallen auch die Anfänge der geographischen Pathologie und der Pathologie der Gewerbe; so schrieb z. B. Bernardino Ramazzini (1633 bis 1714) über Krankheiten der Künstler und Handwerker. — Die Chirurgie hielt sich frei von Spekulationen und arbeitete

sich langsam, aber stetig zu grösserer Höhe empor; es mag in dieser Beziehung erwähnt werden die Erfindung der Aderpresse durch Morel (1674), die erste Transfusion am Menschen durch den Arzt Ludwigs XIV. Jean Baptiste Denys (1666). Auch die Augenheilkunde gewann durch die Auffindung des wahren Sitzes des grauen Stars (Maître-Jean, Brisseau oder Rolfink?), und die Ohrenheilkunde wurde durch Joseph Guichard du Verney (1648—1730, Professor in Paris) zum Rang eines neuen wissenschaftlichen Faches erhoben.

Auf dem Gebiete der Anatomie ist in erster Linie zu nennen die sichere Feststellung des Blutkreislaufs und die Lehre von der Entwicklung höherer Tiere aus dem Ei durch William Harvey (1578—1658, aus Folkestone in Kentshire). An die erstere schloss sich eine genauere Untersuchung der Struktur des Herzens (Niccolò Stenone, eigentlich Steen, 1637 bis 1686, aus Kopenhagen) und der Lymphgefässe an. Conrad Victor Schneider (1614—1680, aus Bittenfeld in Sachsen) zeigte anatomisch und klinisch, dass nicht das Gehirn, sondern die Nasenschleimhaut den Schleim absondere, und stiess damit die ganze Lehre der Alten von den Katarrhen endgültig um.

Als Arzneimittel wurden, besonders von den Iatrochemikern, viele neue Säuren und Alkalien und sonstige mineralische Mittel verwendet; aus der Klasse der neuen organischen Mittel seien hervorgehoben die Ipecacuanha (Le Gras 1672) und die Chinarinde (eingeführt 1640 vom Leibarzt des Grafen Cinchon, Juan del Vego, der sie der damit geheilten Gemahlin seines Herrn zu Ehren „Cinchona“- oder „Comtissarinde“ nannte).

6. Zoologie.

In der Zoologie reiht sich an die beiden grossen Kompilatoren des XVI. Jahrhunderts, Gesner und Aldrovandi, im XVII. Jahrhundert Johannes Johnstonus (John Johnstone, 1603—1675, aus schottischer Familie, geb. in Samter bei Lissa) mit seinem „Universaltheater der Tiere“ an; neben den grösseren Encyklopädien erscheinen auch schon kompendienartige Bücher, wie das von Johann Sperling (1603—1658, Professor in Wittenberg). Bald aber machten sich weitergehende wissenschaftliche Bedürfnisse geltend, wie sich dies an dem durch terminologische Genauigkeit bemerkenswerten „Onomastikon zoïcon“ des Walter Charleton (1619—1707, kgl. Leibarzt, gestorben auf Jersey) deutlich ausdrückt. Es hat denn auch John Ray (1628—1707, aus Black Notley in Essex), zum Teil gestützt auf die Arbeiten seines Freundes

Francis Willughby, allerdings hauptsächlich in formaler Beziehung, den Grund gelegt zum Neubau der Zoologie als Wissenschaft, indem er den naturhistorischen Begriff der Art einführte, die Anatomie der Tiere als hauptsächlichstes Einteilungsprinzip benützte und die Arten, wie die grösseren Gruppen der Tierwelt schärfer definierte; er ist daher als Vorläufer Linnés anzusehen. In Verbindung mit Ray ist noch Martin Lister (1638—1712) zu nennen, dem aus Willughbys Nachlass die Weichtiere und Würmer zur Bearbeitung zugeteilt worden waren.

Die Zootomie lehnte sich auch im XVII. Jahrhundert noch an andere verwandte Wissenschaften an; doch hat ihr Marco Aurelio Severino (1580—1656, aus Tarsia in Calabrien) durch seine Betrachtungen über ihre Aufgabe, ihren Zweck und ihre Methode schon eine selbständigere Stellung zu verschaffen gesucht, und noch ausgeprägter ist die Rücksichtnahme auf die anatomischen Verhältnisse der Tiere bei Thomas Willis. Andererseits hat auch die Zootomie in jener Zeit einen unmittelbaren Einfluss auf die Entwicklung der Anatomie des Menschen ausgeübt. — Gleich wichtig für beide Zweige der Wissenschaft war die Entdeckung des Kreislaufs des Blutes und die hiedurch ermöglichte richtige Deutung der einzelnen Abteilungen des Gefässsystems durch Harvey (s. o.), der auch durch seine in dem Satze „Omne vivum ex ovo“ gipfelnden entwicklungsgeschichtlichen Lehren den Grund zu der genetischen Untersuchungsmethode legte.

Von grosser Bedeutung war auch für die Zoologie die Erfindung des Mikroskops geworden, das besonders durch Marcello Malpighi (1628—1694, aus Crevalcuore bei Bologna) und durch Anton von Leeuwenhoek (1632—1723, aus Delft) für die naturwissenschaftliche Untersuchung nutzbar gemacht wurde. Der erstere, der zu seinen Arbeiten alle damals bekannten Untersuchungsmethoden (z. B. auch Maceration und Injektion) benützte, beschäftigte sich, soweit die Tierwelt in Betracht kommt, weniger mit dem Studium allgemeiner Strukturverhältnisse, als mit dem des Baus besonderer Organe („Malpighisches Netz“) und einzelner Tiere (z. B. Seidenschmetterling, Entwicklung des Hühnchens). Bei ihm tritt zuerst der Gedanke auf, dass das anatomische Verhalten der vollkommenen Tiere nur zu erklären sei aus dem „Analogismus der einfacheren“. Während er die Bedeutung des von Hooke entdeckten zelligen Baus der Pflanze (s. u.) gebührend würdigte, sah er im Tierkörper, wahrscheinlich irre geführt durch die Mangelhaftigkeit der damaligen Untersuchungsmethoden, fast

überall „Drüsen“; sein Fehler war eine zu rasche Verallgemeinerung. Leeuwenhoek liess sich bei seinen mikroskopischen Studien von keinem bestimmten Untersuchungsplane leiten, hat sich aber nicht nur durch die Entdeckung vieler feiner anatomischen Einzelheiten (z. B. der Blutkörperchen, der Querstreifen der Muskelfasern u. a.), sondern auch durch den Nachweis der Existenz einer mikroskopischen Tierwelt Verdienste erworben. — Ausser Leeuwenhoek hat sich besonders Jan Swammerdam (1637—1680, aus Amsterdam), der Erfinder der Ausspritzung der Blutgefässe mit Wachs, als Erforscher kleiner Tierformen hervorgethan; hervorragend sind seine Arbeiten über Anatomie und Verwandlungsgeschichte der Insekten, ebenso seine Untersuchungen gewisser Mollusken.

7. Botanik.

Charakteristisch für die deutschen und niederländischen „Väter der Botanik“ im XVI. Jahrhundert war die Einzelbeschreibung; durch sie wurde allmählich der botanische Formensinn, der im Altertum und Mittelalter unter dem Einfluss der aristotelischen Abstraktionen gänzlich brach gelegen war, geweckt, und die Wahrnehmung natürlicher Verwandtschaften drängte sich Beobachtern wie Lobelius, wenn auch zunächst noch in unbestimmter Form, auf. Die Entwicklungsreihe dieser Forscher gipfelt in Kaspar Bauhin. Letzterer unterscheidet zum erstenmal in klarer Weise Gattung und Art und giebt (anderthalb Jahrhunderte vor Linné) jeder von beiden besondere Namen, denen er freilich manchmal noch ein drittes und viertes Wort beifügt. Die Gattungsnamen lässt er allerdings ohne andere als höchstens etymologische Erklärung; dagegen hat er die Beschreibung der einzelnen Arten zu kurzen kunstgerechten Diagnosen ausgebildet.

Der rein empirischen Forschungsweise gegenüber, die der Natur der Sache nach über die von Bauhin erzielten Resultate kaum hinaus kommen konnte, hatte Andrea Caesalpino (1519 bis 1603, aus Arezzo) schon gegen das Ende des XVI. Jahrhunderts (1583) dadurch, dass er aus dem empirischen Material allgemeine Gesichtspunkte zu gewinnen suchte, den Grund zu einer neuen bis tief in das XVIII. Jahrhundert hinein reichenden Entwicklungsperiode der beschreibenden Botanik gelegt. Jedoch herrschen in der ersten Hälfte des XVII. Jahrhunderts die Einzelbeschreibung und die Katalogisierung der Arten noch in einer fast zur Geistlosigkeit herab-

sinkenden Weise vor. Nur Joachim Jungius (1587—1657, aus Bremen), bei dem sich philosophische Schulung mit selbständiger Beobachtung verbindet, macht eine zunächst übrigens wenig beachtete Ausnahme. Er dringt u. a. darauf, dass die Pflanzen „auf ihre wahren Gattungen nach logischen Gesetzen durch spezifische Differenzen“ zurückzuführen sind; er wagt es, die Einteilung der Pflanzen in Kräuter und Bäume (die sich aber später doch wieder bei Ray findet) zu bemängeln; er schuf auch eine vergleichende Nomenklatur der Pflanzenteile. — Die Leistungen von Jungius wurden erst gegen das Ende des XVII. Jahrhunderts durch Ray, der sie seiner theoretischen Botanik (1693) zu Grunde legte, entsprechend verwertet, und die Jungius-Ray'sche Bezeichnung der Pflanzenteile wurde später durch Linné wieder aufgenommen. Ray hat das Verdienst, sowohl die „Bäume“ als die „Kräuter“ in solche mit zweiblättrigem, mit einblättrigem und mit blattlosem Embryo eingeteilt zu haben; doch ist er von einer scharfen Unterscheidung der Monokotyledonen und der Dikotyledonen noch weit entfernt. Auch Robert Morison (1620—1683, aus Aberdeen) knüpft an Cäsalpin an. — Bei diesen Bestrebungen darf nicht übersehen werden, dass Cäsalpins Vorgang, demzufolge aus gewissen, von vornherein bestehenden, vielfach und zuweilen in höchst eigentümlicher Weise der Analogie des Tierreichs entnommenen Gründen die Merkmale für die Verwandtschaft der Pflanzengruppen abgeleitet werden sollten, nur zu künstlichen Einteilungen führen konnte, die später in Linnés System ihren Abschluss fanden (während das allerdings noch unklare Gefühl der deutschen Botaniker für natürliche Verwandtschaften den Keim zur wahren Lösung des Hauptproblems der beschreibenden Botanik enthielt). Es ist daher auch ganz begreiflich, dass Augustus Rivinus (1652—1725, aus Halle) und Joseph Tournefort (1650—1708, aus Aisne) ihr System auf die Form der Blumenkronen gründen konnten.

Die Phytotomie verdankt ihren Ursprung dem Mikroskop, nicht nur weil dieses viele vorher unsichtbare Formen sichtbar machte, sondern auch deswegen, weil es das Auge an wissenschaftliches Sehen gewöhnte, so dass manches mit dem Mikroskop Aufgefundene nachträglich auch mit unbewaffnetem Auge gesehen wurde. Der zellige Bau der Pflanzen wurde von dem um die Verbesserung des Mikroskops sehr verdienten Robert Hooke (1653—1703, aus Freshwater auf d. J. Wight) entdeckt; von ihm rührt auch der Name „Zelle“ her. — Malpighi und Nehemiah Grew (1628—1711, aus Coventry)

haben hauptsächlich das Verdienst, über die gröberen Verhältnisse des Baus der Pflanze Licht verbreitet zu haben, wenn gleich ihre feineren Beobachtungen, besonders über die Beschaffenheit des festen Zellhautgerüsts, ebenfalls nicht zu unterschätzen sind. Uebrigens beschäftigten sich beide Forscher weniger mit der einzelnen Zelle, als mit dem „Zellgewebe“; letzteren heute noch gebräuchlichen Ausdruck hat Grew unter Heranziehung des Vergleichs mit einem künstlichen Spitzengewebe in die Sprache der Wissenschaft eingeführt. — Auch Leeuwenhoek machte dank seinen vollkommeneren Linsen einige neue phytotomische Beobachtungen (Tüpfelgefässe, Kristalle in Pflanzengewebe); jedoch waren seine Leistungen auf zootomischem Gebiete bedeutender.

Auch die Pflanzenphysiologie, deren erste Anfänge auf der Vergleichung der Pflanzen mit den Tieren und auf teleologischer Naturbetrachtung beruhen, entstand in der zweiten Hälfte des XVII. Jahrhunderts, wesentlich gefördert durch die naturwissenschaftlichen Gesellschaften („Akademien“). Aus jener Zeit sind hervorzuheben die ersten Untersuchungen über den auf- und absteigenden Saft, die Malpighi'sche Lehre, der gemäss die Blätter als Ernährungsorgane zu betrachten sind, die Beobachtungen von Ray über den Einfluss des Lichtes auf die Färbung der Pflanzen, und besonders die Versuche von Rud. Jac. Camerarius (1665—1721, aus Tübingen), aus denen die befruchtende Kraft des Pollens hervorging.

8. Mineralogie.

Bis gegen die Mitte des XVII. Jahrhunderts war die Mineralogie weder in physikalischer, noch in chemischer Beziehung wesentlich über den Stand des XVI. Jahrhunderts hinausgekommen; auch in systematischer Beziehung war die alte, von Avicenna herrührende Einteilung trotz der damals herrschenden Freude am Klassifizieren durch keine bessere ersetzt worden. Von der Mitte des XVII. bis zur Mitte des XVIII. Jahrhunderts werden nun im einzelnen mancherlei Fortschritte und Entdeckungen gemacht; diese wurden aber von den folgenden Forschern nicht immer in der richtigen Weise gewürdigt, so dass es der Entwicklung der Mineralogie in diesem Zeitraum an Gleichmässigkeit und Stetigkeit fehlt.

J. Becher tritt nachdrücklich gegen die auf rein theoretischem Boden entstandenen Anschauungen der Aristoteliker auf, verlangte, besonders in chemischer Beziehung, experi-

mentelle Behandlung und gab so Anregung zur chemischen Untersuchung der Metalle, versäumte es aber andererseits, brauchbare ältere, z. B. zur Untersuchung von Erzen dienende Methoden weiter auszubilden. Er unterschied Erden, Steine, Mineralien (inkl. Metalle) und „Dekomposita“, die durch Mischung jener entstehen. — Von grosser Bedeutung war die Entdeckung der doppelten Strahlenbrechung am isländischen Kalkspat durch Bartholinus. — Leeuwenhoek beschäftigte sich mit dem Gips, entdeckte die Winkelbeständigkeit seiner Spaltungsrichtungen und stellte im Anschluss an seine Beobachtungen die Vermutung auf, das Wachsen der Steine und Berge könnte von wasserhaltigen, unterirdischen und durch unterirdisches Feuer erhitzten Gesteinen herrühren. — Steno studiert den Bergkristall; er spricht mit Bestimmtheit aus, dass dieser durch Zusätze von aussen wachse, und bemerkt, ähnlich wie Domenico Gulielmini (1655—1710, aus Bologna) seine Streifung, sowie die Winkelbeständigkeit auch bei ungleicher Flächenausdehnung. — Boyle, der die Edelsteine aus dem „Flüssigen“ und „Weichen“ hervorgehen lässt, beobachtete die Kristallisation des Wismuts aus dem Schmelzfluss, machte sich aber besonders um die Mineralchemie verdient; er wies die saure und alkalische Reaktion durch Pflanzenfarbstoffe nach, erkannte die Reaktion der Schwefelsäure gegen Kalksalze, der Salzsäure gegen Silberlösung, der Galläpfeltinktur auf Eisensalze; er schied Kupfer von Gold mit Salpetersäure, Silber von Kupfer durch Ausfällen mit Kupfer. Jedoch wurden seine Leistungen infolge des immer noch fortdauernden Einflusses der Alchemie nicht besonders beachtet.

Die mineralogische Systematik brachte im XVII. Jahrhundert zwar neue Einteilungen der Mineralwelt hervor (z. B. die von Wormius, 1655), die aber nicht als Verbesserungen der alten Avicenna'schen anzusehen sind.

XVIII. Jahrhundert.

Gegen die Mitte und in der zweiten Hälfte des XVIII. Jahrhunderts wurde in vielen Zweigen der Naturwissenschaft und der Technik die Entwicklungsperiode eingeleitet, in der wir heute noch stehen, nachdem in der ersten Hälfte dieses Zeitraums die vorangegangenen Forschungen in mancher Beziehung zu einem gewissen Abschluss gekommen waren.

1. Mathematik.

Im XVIII. Jahrhundert waren nach dem Tode von Jakob Bernoulli und von Leibniz die Hauptvertreter der Mathematik zunächst mehrere Glieder der durch ihre mathematischen Leistungen berühmten Bernoullischen Familie, die der Universität Basel über 100 Jahre Mathematiklehrer lieferte, nämlich Jakobs Bruder Johann, ferner Niclaus I. (1687—1759), der Sohn eines gleichnamigen Bruders von Jakob und Johann, endlich die beiden Söhne von Johann selbst, Niclaus II. (1695—1726) und der berühmtere Daniel (1700—1782), ausser diesen aber besonders Leonhard Euler (1707—1783, aus Basel, Professor in Berlin und Petersburg) und Louis Lagrange (1736—1813, aus Turin, von 1766—1787 in Berlin, nachher in Paris). Die beiden letzteren förderten sowohl die Zahlentheorie, Algebra und Analysis, wie die Geometrie und Trigonometrie. Speziell die sphärische Trigonometrie wurde von Euler bereichert und vereinfacht, sowie durch die Einführung einer passenden Bezeichnung für die Elemente des Dreiecks übersichtlich gemacht. Lagrange hat, abgesehen von seinen Arbeiten auf dem Gebiet der Mechanik, besonders die Variationsrechnung (Aufsuchung des Maximums oder Minimums eines bestimmten Integrals) ausgebildet, seine Interpolations-

methode aufgestellt und durch Einführung der endlichen Differentialquotienten („abgeleiteten Funktionen“) an Stelle der unendlich kleinen Differentiale die Analysis von fremden Beimischungen (Bewegung, Unendlichkeitsbegriff) zu befreien gesucht. — Auch Johann Heinrich Lambert (1728—1777, aus Mülhausen) war ein bedeutender Analytiker, und Karl Friedrich Hindenburg (1741—1808, aus Dresden) schuf die „kombinatorische Schule“, die allerdings zunächst auf die Weiterentwicklung der Mathematik keinen Einfluss gewonnen hat. — Auf dem speziellen Gebiete der Reihentheorie sind ausser Euler hervorzuheben Abraham de Moivre (1667—1754, aus Vitry), der durch die nach ihm benannte, jedoch auch Euler als Erfinder zugeschriebene Formel imaginäre Grössen in die Trigonometrie einführt, Brook Taylor (1685—1731, gest. in London), dessen Reihe übrigens auf Joh. Bernoulli zurückzuführen ist, und der Schotte Colin Maclaurin (1698 bis 1746, aus Kilmodan bei Inverary).

Gegen Ende des Jahrhunderts wurde nach Vorarbeiten von Desargues, Pascal, Taylor, Lambert, Frézier die darstellende Geometrie von Gaspard Monge (1746—1818, aus Beaune) zum Rang eines selbständigen mathematischen Faches erhoben. Monge hat auch die Differentialgeometrie (Theorie der Flächenkrümmung), in der schon Lagrange, Euler und Jean Baptiste Meusnier (1754—1793, aus Paris) einzelne Sätze aufgestellt hatten, wesentlich gefördert durch Untersuchung ganzer Flächenfamilien (Cylinder-, Kegel-, Umdrehungs-, Umhüllungsflächen).

2. Astronomie.

Die praktische Astronomie verdankte die bedeutende Förderung, die ihr im XVIII. Jahrhundert zu teil wurde, teils der Verfeinerung der Beobachtungskunst, besonders durch James Bradley (1692—1762, aus Shireborn in Gloucester), den Entdecker der Aberration des Lichts und einen der sorgfältigsten Beobachter des XVIII. Jahrhunderts, und durch Johann Tobias Mayer (1723—1762, aus Marbach), teils der Verbesserung des dioptrischen Fernrohrs durch John Dollond (1706—1761, aus London) und der Vervollkommnung des Spiegelteleskops durch Friedrich Wilhelm Herschel (1738—1822, aus Hannover, später in England). Dem letzteren, der sich durch rastlosen Fleiss vom Musiklehrer zum berühmten Astronomen heraufgearbeitet hatte und bei seinen Beobachtungen und Rechnungen durch seine Schwester Karoline

und späterhin durch seinen Sohn John unterstützt wurde, gelang es, durch die Entdeckung des Planeten Uranus „die seit alten Zeiten unser Sonnensystem abschliessende Mauer zu durchbrechen“ und die vor ihm (z. B. von Lambert) nur geahnte fortschreitende Bewegung der Sonne wirklich nachzuweisen. Damit war die astronomische Weltanschauung nach einer neuen Seite hin wesentlich erweitert und berichtigt.

Mit der Vervollkommnung der praktischen Astronomie ging dank der sich damals rasch entwickelnden Analysis die Ausarbeitung der Theorie, die Ausführung der durch Newton nur skizzierten Einzelheiten, Hand in Hand; besonders sind es die beiden Basler Daniel Bernoulli und Euler, sowie die beiden französischen Mathematiker Lagrange und Pierre Simon de Laplace (1749—1827, aus Beaumont en Auge), welche sich um die Vervollkommnung der Mechanik des Himmels grosse Verdienste erworben haben.

In jene Zeit fällt auch der erste, auf eigentlich wissenschaftlicher Basis beruhende Versuch einer kosmogonischen Theorie, während die früheren Bemühungen, die Entstehung des Weltalls zu erklären, sich auf rein spekulativem Boden bewegt hatten. Der grosse Denker Immanuel Kant (1724—1804, aus Königsberg) versuchte es (1755), nach Newtonschen Grundsätzen aus einem ursprünglich vorhandenen „Chaos“ nur unter Zuhilfenahme der gegenseitigen, nach den „Gattungen der Elemente“ etwas verschiedenen, Anziehung der Teilchen unser Sonnensystem abzuleiten, wobei ihm allerdings der Beweis für die innere Notwendigkeit der Rotationsbewegung schwer fiel. Laplace dagegen ging von einer bereits rotierenden glühenden Dunstmasse aus, welche ursprünglich den ganzen Planetenraum erfüllte, sich aber allmählich infolge von Wärmeausstrahlung zusammenzog, wodurch die Rotationsgeschwindigkeit zunahm. Im Verlauf des Prozesses hielt schliesslich an der äussern Grenze der Masse die Centrifugalkraft der centralen Anziehung das Gleichgewicht; es löste sich in der äquatorealen Zone ein Teil ab, der dann Ring-, bzw. Kugelform annahm und als Asteroidenring oder Planet die Sonne umkreiste. In neuester Zeit ist diese Theorie namentlich durch Faye (1884) in Einzelheiten berichtigt und weiter ausgebildet worden.

3. Physik.

Nachdem in der theoretischen Mechanik durch Newtons „mathematische Prinzipien“ der Grund zur wissenschaftlichen Behandlung gelegt war, vermochte sich dank der Ausbildung

der Infinitesimalrechnung der Uebergang von der synthetischen Methode zur analytischen zu vollziehen, wobei allerdings das eigentlich mechanische Interesse hinter dem theoretisch-mathematischen mitunter zurücktrat. Unter den Männern, welche sich auf diesem Gebiete Verdienste erworben haben, sind Jakob, Johann und Daniel Bernoulli (s. o.) zu erwähnen. Während Jakob Bernoulli, ein gründlicher Forscher, bestrebt ist, die einzelnen dynamischen Probleme auf die entsprechenden statischen zurückzuführen, hat der phantasiereichere Johann hauptsächlich das Prinzip der Erhaltung der lebendigen Kraft, sowie das der virtuellen Bewegungen zur Geltung gebracht; auch Daniel beschäftigte sich in erfolgreicher Weise mit den allgemeinen mechanischen Prinzipien (Satz der „Erhaltung der Flächen“ und Satz der „lebendigen Kräfte“, welche letzterer zwar schon von Huygens ausgesprochen, aber von Daniel Bernoulli in der Form der neueren Rechnungsmethode dargestellt wurde); er ist der Begründer der Hydrodynamik. — Euler ist es in erster Linie, der die analytische Behandlungsweise in der Mechanik systematisch durchgeführt hat, wenn er auch in einzelnen Fällen noch auf der synthetischen Methode fusst, z. B. bei krummlinigen Bewegungen die Kräfte in Tangential- und Normalkräfte zerlegt; als jedoch Maclaurin die Zerlegung der Kräfte in drei, den Koordinatenachsen parallele Komponenten lehrte und somit die Koordinatengeometrie auf die Mechanik übertrug, machte auch Euler bereitwillig von dieser Verbesserung der Rechnungsweise Gebrauch. — Jean d'Alembert (1717—1783, aus Paris) war durch seine philosophische Schulung besonders in den Stand gesetzt, einen grösseren Komplex von mechanischen Vorgängen in der Form von Prinzipien zusammenzufassen. Das noch heute nach ihm benannte Prinzip, durch welches die Probleme der Bewegung auf Probleme des Gleichgewichts zurückgeführt werden, kann so ausgesprochen werden: „Während der Bewegung eines Systems halten jeden Augenblick die ‚verlorenen‘ Kräfte den Bedingungskräften (Spannungen, Pressungen) das Gleichgewicht“. — Lagrange endlich machte das schon von Galilei in einzelnen Fällen angewandte und von Johann Bernoulli allgemein ausgesprochene Prinzip der virtuellen Bewegung, das er mit dem d'Alembertschen Prinzip verband, zur Grundlage der ganzen Statik und giebt damit dem System der Mechanik einen relativen Abschluss.

In praktischer Beziehung bethätigten sich die Fortschritte der Mechanik besonders in der Ausbildung der Dampfmaschine und in der Erfindung wichtiger Arbeitsmaschinen.

Nachdem durch Papin das Prinzip der mechanischen Verwendbarkeit der Expansionskraft des Dampfes festgestellt worden war, handelte es sich um zweckmässige mechanische Anordnung der einzelnen Teile der Dampfmaschine. Den ersten Schritt in dieser Beziehung thaten (1705) Thomas Newcomen, ein Eisenhändler, und John Cayley, ein Glaser, mit ihrer sog. atmosphärischen Maschine, in der der Kolben durch den Dampf und ein Gegengewicht gehoben und nach der durch Einspritzung von kaltem Wasser bewirkten Kondensation des Dampfes durch den Druck der Atmosphäre wieder gesenkt wurde. Humphrey Potter, der als Knabe das periodische Oeffnen und Schliessen der Hähne zu besorgen hatte, brachte, um sich des einförmigen Geschäftes zu entledigen, zunächst mit Bindfaden eine Selbststeuerung an (1711). Die in ihren Grundzügen heute noch übliche Form wurde der Dampfmaschine indes erst in den Jahren 1765—85 durch James Watt (1736—1818, aus Greenock in Schottland) gegeben. Letzterer brachte zunächst einen eigenen Kondensator an, sodann versah er beide Enden des Cylinders mit Deckeln, wodurch die Einwirkung der Atmosphäre ausgeschlossen und die Maschine in eine einfach wirkende eigentliche Dampfmaschine verwandelt war; bei dieser wurde nur der Niedergang des Kolbens durch Dampf, der Aufgang durch ein am Balancier angebrachtes Gegengewicht bewerkstelligt. Bald aber liess Watt den Dampf abwechselnd auf beiden Seiten des Kolbens einströmen und stellte damit die doppelt wirkende Dampfmaschine her, die er durch Anbringung einer Reihe von Mechanismen in eine für den Betrieb der verschiedensten Arbeitsmaschinen brauchbare Form brachte. Sein berühmtes „Parallelogramm“ diente zur Geradföhrung der Kolbenstange, die Pleuelstange, die Kurbel und das Schwungrad zur Verwandlung der geradlinigen Bewegung in eine Drehungsbewegung; der Centrifugalregulator sorgte für den gleichmässigen Gang der Maschine, und die Schieber, welche an Stelle der Hähne traten, ermöglichten eine vollständigere Ausnutzung der Ausdehnungskraft des Dampfes. (In den Wattschen Maschinen hatte der Dampf nicht über $1\frac{1}{2}$ Atm. Druck.)

Hand in Hand mit der Vervollkommnung der Dampfmaschine ging die Erfindung und Ausbildung einer Anzahl von Arbeitsmaschinen, hauptsächlich in der Textilindustrie; damit wurde die technisch und sozial so wichtig gewordene Ueberführung des Kleingewerbes in den Fabrikbetrieb eingeleitet. Besonders hervorzuheben ist in dieser Beziehung die Erfindung des mechanischen Webstuhls (1786) durch Ed-

mund Cartwright (1743—1823), die der Spinnmaschine durch James Hargreaves (1767), die nach der Tochter des Erfinders „Jennymaschine“ heisst, während die vollkommenere, von Samuel Crompton Ende der 70er Jahre konstruierte Spinnmaschine als „Mulemaschine“ bezeichnet wird.

Für die Wärmelehre war im XVIII. Jahrhundert von Bedeutung die von Fahrenheit (1724), Réaumur (1730) und Celsius (1742) vorgenommene Verbesserung des Thermometers. Daniel Fahrenheit (1686—1736, aus Danzig) verwendete als thermometrische Flüssigkeit zuerst Weingeist und erst später Quecksilber. Er nahm drei Fixpunkte an: als Nullpunkt die Temperatur einer gewissen Kältemischung (zugleich strengste Winterkälte von 1709), sodann die Temperatur des beginnenden Gefrierens des Wassers als 32. Grad, und endlich die Temperatur des menschlichen Körpers als 96. Grad; dagegen benützte er die Siedetemperatur des Wassers nicht für seine Einteilung. René-Antoine de Réaumur (1683—1757, aus Rochelle) führte die 80teilige und Anders Celsius (1701—1744, aus Upsala) die 100teilige Skala des Intervalls zwischen Eispunkt und Siedepunkt des Wassers ein. Jean André Deluc (1727—1817, aus Genf) wies späterhin nach, dass Quecksilber als thermometrische Flüssigkeit dem Weingeist vorzuziehen sei; er zeigte auch die Notwendigkeit des Auskochens der Barometer und entdeckte (1772) das Dichtigkeitsmaximum des Wassers. — Joseph Black (1728—1799, geb. zu Bordeaux, gest. in Edinburgh) entdeckte um 1770 die spezifische Wärme, ferner die latente Wärme des Wassers und des Dampfes und gab damit der bis gegen die Mitte unseres Jahrhunderts herrschenden Anschauung das Uebergewicht, derzufolge die Wärme als unwägbarer Stoff betrachtet wurde. — George Graham (1675—1751, aus Horsgills in Cumberland) und John Harrison (1693—1776, aus Foulby) verbesserten den durch die Wärmeschwankungen beeinflussten Gang der Uhren mit Hilfe der Pendelkompensation (Rostpendel und Quecksilberkompensation). — Die Brüder Joseph und Etienne Mongolfier (ersterer von 1740—1810, letzterer 1745—1799, aus Vidalon-les-Annonay) benützten (1783) die Verdünnung der Luft durch Wärme, um den von ihnen erfundenen Luftballon steigen zu lassen; kurze Zeit nachher verwendete der Pariser Physiker Jacques Charles (1746—1823, geb. in Beaugency) zu gleichem Zweck und mit grösserem Erfolg das Wasserstoffgas.

Die akustischen Untersuchungen des XVIII. Jahrhunderts beziehen sich teils auf die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalls und deren Beeinflussung durch Luftverdün-

nung (Francis Hawksbee, gest. 1705), durch den Wind (William Derham, 1657—1735) und die Temperatur (Giovanni Bianconi, 1717—1781, aus Bologna), teils auf die Schwingungen von Saiten, Stäben und Membranen; an der Theorie der letzteren haben die bedeutendsten Mathematiker jener Zeit gearbeitet, z. B. Taylor, Joh. Bernoulli, Euler. — Ernst Chladni (1756—1827, aus Wittenberg) entdeckte 1787 die Klangfiguren.

In der Optik brachte das XVIII. Jahrhundert noch keine Entscheidung des Kampfes zwischen Emissions- und Undulations-theorie; Hauptvertreter der letzteren in jenem Zeitraum war Euler. Der von diesem Mathematiker gelegentlich ausgesprochene Gedanke, die verschiedenen Medien des Auges könnten dazu dienen, die Farbenzerstreuung aufzuheben, führte Dollond zur Konstruktion der achromatischen Linsen (1757), die er aus Flintglas und Crownglas zusammensetzte. — Bradley entdeckte 1727 die Aberration des Lichtes. — Als Erfinder der Spiegelsextanten wird neben Newton (s. p. 34) John Hadley (gest. 1744) angegeben. — Das erste rationelle Photometer wurde 1729 von Pierre Bouguet (1698—1758, aus Croisir in der Bretagne) konstruiert; die Photometrie wurde später von Lambert weiter ausgebildet.

An elektrischen Erscheinungen kannte man zu Anfang des XVIII. Jahrhunderts die elektrische Anziehung und Abstoßung, den elektrischen Funken und das elektrische Glimmlicht; irgend eine wissenschaftlich zu nennende Theorie hierüber war noch nicht vorhanden. Das Bestreben, leistungsfähigere Elektrizitätsquellen zur Verfügung zu bekommen, führte zunächst die Verbesserung der Elektrisiermaschine herbei; so ersetzte Hausen in Leipzig (1743) die zu reibende Glasröhre durch eine Glaskugel, Gordon letztere wieder durch einen Glascylinder, der dann seinerseits durch die von Planta (1755) u. a. eingeführte Glasscheibe verdrängt wurde. G. M. Bose (1710—1761, Prof. in Wittenberg) fügte den ursprünglich aus Eisenblech gefertigten Konduktor hinzu, dem Wilson (1746) den Saugekamm beigab; John Canton versah das zuvor schon (von Giessing oder von Wilcke) erfundene Reibzeug mit Zinnamalgam (1762). — Stephen Gray (gest. 1736) lernte zuerst den Unterschied zwischen leitenden und nicht leitenden Körpern kennen und machte die ersten Beobachtungen über Influenzwirkungen (auch am menschlichen Körper). Charles Dufay (1698—1739, aus Paris) bemerkte, dass nur Nichtleiter durch Reiben elektrisch werden, sowie dass jeder elektrische Körper alle nicht elektrischen an-

zieht, ihnen Elektrizität mitteilt und sie sodann wieder abstösst; er unterschied auch zuerst zwischen Glaselektrizität und Harzelektrizität. Der Dechant Kleist zu Cammin und Cunaeus in Leyden erfanden fast gleichzeitig (1745) den Verstärkungsapparat, der dann von Abbé Nollet den Namen Leydener Flasche erhielt, in primitiver Form; studiert wurden die Wirkungen des neuen Apparats u. a. von J. H. Winkler (1703—1770, aus der Oberlausitz), der die erste Flaschenbatterie zusammenstellte, wenn er auch deren Wirkungsweise noch nicht richtig erkannte, sowie von Bevis, der die Flasche aussen mit Blei- oder Zinnfolie belegte und mit Wasser füllte, übrigens auch schon die Wirkung der beiderseitig mit Zinnfolie belegten Glastafel erkannte, und von Watson, der die beiderseitige Belegung auch auf die Flasche übertrug. Benjamin Franklin (1706—1790, aus der Nähe von Boston) wies 1752 mit Hilfe eines Drahtes die Identität des Blitzes und des elektrischen Funkens nach. Alexander Volta (1745—1827, aus Como) konstruierte 1745 den Elektrophor und 1783 den Kondensator; Georg Lichtenberg (1742—1799, aus der Nähe von Darmstadt) entdeckte 1777 die elektrischen Staubfiguren. — Besonders wichtig sind die Arbeiten von Charles Augustin Coulomb (1736—1806, aus Angoulême), der mit Hilfe seiner Torsionswage (1785—1789) die Gesetze der elektrischen Anziehung und Abstossung in muster-gültiger Weise feststellte und so Mass und Zahl auch in die Elektrizitätslehre einführte; er fand, dass die magnetischen und elektrischen Kräfte ebenfalls dem von Newton für die Gravitation aufgestellten Gesetze folgen, insofern sie dem Quadrat der Entfernung zwischen den aufeinanderwirkenden Teilchen umgekehrt proportional sind. Dieses Resultat trug sehr zur Verbreitung der Newtonschen Anschauung bei, der gemäss die Kräfte durch den einflusslosen leeren Raum in die Ferne wirken.

Gegen das Ende des XVIII. Jahrhunderts trat die Elektrizitätslehre in eine neue Phase, als zu den bis dahin bekannt gewordenen Elektrizitätsquellen (Reibung, Atmosphäre, Erstarrung geschmolzener Substanzen, Turmalin, tierische Elektrizität) noch der Galvanismus hinzukam. In weiterer Verfolgung einer von Aloisio Galvani (1737—1798, aus Bologna) an frisch präparierten Froschschenkeln zufällig gemachten, von ihm aber falsch erklärten Beobachtung kam Volta auf die Entdeckung der Berührungselektrizität; letzterer stellte auch (1799) die erste galvanische Batterie in der Form zusammen, die noch heute die Voltasche Säule heisst.

4. Chemie.

Die chemischen Anschauungen des XVIII. Jahrhunderts standen bis gegen den Schluss dieses Zeitraums hin unter der Herrschaft der Phlogistontheorie. Georg Ernst Stahl (1660—1734, aus Ansbach), ein von echt wissenschaftlichem Geiste beseelter Mann, lehrte im engen Anschluss an Becher, die Verbrennung und die Verkalkung (nach heutiger Ausdrucksweise Oxydation) der Metalle geschehe durch Abgabe eines hypothetischen Stoffs, des Phlogistons (Bechers terra pinguis). Kohle sei fast reines Phlogiston; daher kommen auch beim Erhitzen der Metallkalke mit Kohle die ursprünglichen Metalle, die aus Metallkalk und Phlogiston bestehen, wieder zum Vorschein. Stahl hat das Verdienst, mit Hilfe dieser, allerdings irrigen, Hypothese die ganze Gruppe von Erscheinungen, die man heute als Oxydation und Reduktion bezeichnet, unter einem einheitlichen Gesichtspunkt zusammengefasst zu haben; die schwache Seite seiner Theorie, nämlich die Vernachlässigung der Gewichtsverhältnisse, die zwischen den ursprünglichen Stoffen und den Verbrennungsprodukten bestehen, hing damit zusammen, dass in jener Entwicklungsperiode der Wissenschaft auf quantitative Untersuchungen überhaupt nur wenig Wert gelegt wurde. Es ist übrigens höchst bezeichnend für die Geschichte der Wissenschaften, dass die phlogistische Theorie die grossen Chemiker der ersten 7—8 Jahrzehnte des XVIII. Jahrhunderts zu Anhängern hatte und diese keineswegs verhinderte, die weittragendsten Entdeckungen zu machen.

Die beiden Zeitgenossen Stahls, Friedrich Hoffmann (1660—1742, aus Halle) und Hermann Boerhave (1668 bis 1738, aus Voorhout bei Leyden) sind noch keine eigentlichen Anhänger der Stahlschen Theorie, haben aber bezüglich der Verbrennung ähnliche Anschauungen; ersterer nimmt im „Metallkalk“ ausser dem Metall selbst noch ein „sal acidum“ an, das bei der Reduktion fortgehe, nähert sich also der heutigen Anschauung schon etwas mehr, giebt damit aber allerdings auch die Einheitlichkeit der phlogistischen Betrachtung der Verkalkung und des Verbrennens auf. Eigentliche Phlogistiker sind in Deutschland Marggraf, in Frankreich Geoffroy, Duhamel, Rouelle und Macquer, in England Black, Cavendish, Priestley, in Schweden Bergmann und Scheele.

Andreas Marggraf (1709—1782) hat sich verdient gemacht u. a. durch seine Arbeit über die Phosphorsäure,

durch seine Unterscheidung der Thonerde und der Bittererde, vor allem aber durch die Entdeckung des Rohrzuckers im Saft der Runkelrüben.

Etienne François Geoffroy (1672—1731, aus Paris) ist bekannt durch seine Untersuchungen über die chemische Verwandtschaft („tables des rapports“). Duhamel de Monceau (1700—1781) bewies die Verschiedenheit des Kali vom Natron und machte die ersten Vorschläge, Soda künstlich aus Steinsalz zu bereiten, während Nicolas Leblanc (1742—1806, aus Issodun) zuerst ein praktisch durchführbares Verfahren für diese Umwandlung erfand und i. J. 1791 die erste Sodafabrik in Betrieb setzte. Guillaume François Rouelle (1703—1770), ein ausgezeichnete Lehrer, stellte den Begriff des Salzes in umfassenderer Weise fest, als Helmont und Tachenius, und unterschied neben den neutralen auch saure und basische Salze. Pierre Joseph Macquer (1718—1784) hat sich namentlich um die angewandte Chemie (Porzellanbereitung, Färberei) Verdienste erworben.

Joseph Black (1728—1799, geb. bei Bordeaux, Professor in Glasgow und Edinburgh) hat eine meisterhafte Untersuchung über Kohlensäure („fixe Luft“, weil fixierbar durch Aetzalkalien, das „gas silvestre“ Helmonts) und die kohlensauren Salze angestellt, worin er besonders auch die Gewichtsverhältnisse gebührend berücksichtigte. Henry Cavendish (1731—1810, geb. in Nizza, gest. in London) trug durch seine Untersuchungen über den Wasserstoff (inflammable air) und die Kohlensäure zur Begründung der pneumatischen Chemie bei. Indem er nachwies, dass das Wasser aus Wasserstoff und Sauerstoff besteht, und dass die atmosphärische Luft ein konstantes zusammengesetztes Gemenge aus Stickstoff und Sauerstoff ist, lieferte er die mächtigsten Hilfsmittel zum Sturz der Phlogistontheorie; trotzdem blieb er, wohl infolge zu geringer Berücksichtigung der Gewichtsverhältnisse, ein treuer Anhänger der letzteren. Dasselbe gilt auch von Joseph Priestley (1733—1804, aus Fieldhead bei Leeds); dieser hat viele Gasarten, von denen man vor seinen Arbeiten eigentlich nur Kohlensäure und Wasserstoff genauer kannte, dargestellt, vor allem aber den Sauerstoff entdeckt (1774).

Bergmanns Verdienste liegen vorzugsweise auf dem Gebiete der Mineralchemie und der Analyse (s. u.). Karl Wilhelm Scheele (1742—1786, aus Stralsund in dem damaligen Schwedisch-Pommern), einer der glücklichsten Entdecker, welche die Chemie aufzuweisen hat, fand bei seiner Untersuchung des Braunsteins vier neue Körper, Chlor, Mangan, Baryterde und

(gleichzeitig mit Priestley) Sauerstoff; obgleich Phlogistiker, konstatierte er doch das Vorhandensein verschiedener Oxydationsstufen der Metalle; er entdeckte eine ganze Reihe organischer Säuren, besonders die Weinsäure, Citronensäure, Apfelsäure, Oxalsäure, Milchsäure, Harnsäure, Blausäure, ebenso sonstige organische Körper, z. B. das Glycerin.

Die wichtigsten, am Ende der phlogistischen Zeit bekannten chemischen Substanzen waren ausser den schon von den ältesten Völkern angewendeten Elementen Schwefel, Kohlenstoff, Gold, Silber, Kupfer, Eisen, Zinn und Blei, dem in der griechischen Zeit aufgefundenen Quecksilber (Theophrast, 300 v. Ch.) und den im Mittelalter entdeckten Antimon, Wismut und Zink, die Elemente Arsen, Phosphor, Kobalt, Nickel, Platin, Mangan und Chlor; dann die Metallkalke, zu denen man aber die Kalk-, Alaun- und Bittererde, sowie die neu entdeckte Baryterde nicht zählte. Ausserdem kannte man die ätzenden und die „milden“ (kohlen-sauren) Alkalien, Salpeter, Kochsalz; an Säuren Salzsäure, Salpetersäure, Schwefelsäure, Essigsäure und die von Scheele entdeckten organischen Säuren, sowie die oben erwähnten Gase.

Nachdem der Sauerstoff durch Priestley und Scheele entdeckt war, und nachdem Cavendish nachgewiesen hatte, dass durch Verbrennung von Wasserstoff Wasser erzeugt wird, war Antoine Laurent Lavoisier (1743—1794, aus Paris) in den Stand gesetzt, durch konsequente Anwendung der quantitativen Untersuchungsmethode und auch eine aus seiner gründlichen physikalischen Bildung zu erklärende vorurteilsfreie Auffassung der chemischen Vorgänge, sowie durch klar bewusste Anwendung des Grundsatzes von der Erhaltung des Stoffs die richtige Erklärung des Verbrennungs-, Verkalkungs- und Atmungsprozesses als eines Oxydationsprozesses aufzufinden (1783) und damit die neueste Periode in der Entwicklungsgeschichte der Chemie einzuleiten. Lavoisier ist daher als Reformator der Chemie zu bezeichnen, obgleich er selbst nur wenige neue Beobachtungen gemacht hat; er lehrte jetzt in scharfem Gegensatz zu den Phlogistikern die Metalle und die wichtigsten Nichtmetalle als Elemente, die Oxyde und Säuren aber, sowie die Salze als Verbindungen betrachten. — Anfangs wurde er nur von hervorragenden Physikern und Mathematikern (Laplace, Monge, Cousin) unterstützt, bald aber traten auch, zuerst in Frankreich, bedeutende Chemiker (Berthollet 1785, Morveau 1786, Fourcroy 1787) auf seine Seite.

Guyton de Morveau (1737—1816, aus Dijon) hat sich dadurch verdient gemacht, dass er zu einer rationellen chemischen Nomenklatur Anregung gegeben hat. Claude Berthollet (1748—1822, aus Savoyen) hat neben seinen Experimentaluntersuchungen (besonders über Ammoniak, Blausäure, Schwefelwasserstoff, chlorsaures Kali, Chlorverwendung) auch wichtige theoretische Untersuchungen über die chemische Affinität angestellt (Streit mit Proust). Antoine de Fourcroy (1755—1809, aus Paris) war besonders als Lehrer der Chemie äusserst anregend; zum Teil in Gemeinschaft mit ihm hat sein Schüler Louis Vauquelin (1763—1829, aus dem Dép. Calvados) sowohl auf dem Gebiet der Mineralchemie, als auf dem der organischen Chemie wichtige Entdeckungen gemacht (Chrom, Beryllerde, Chinasäure, Asparagin, Kamphersäure u. a.).

Die deutschen Chemiker sträubten sich gegen die antiphlogistische Theorie etwas länger als die französischen und nahmen dieselbe zum Teil erst im letzten Jahrzehnt des XVIII. Jahrhunderts an. Unter ihnen sind besonders hervorzuheben Martin Klaproth (1743—1817, aus Wernigerode), der die quantitative Forschungsweise vertieft, auch verschiedene Elemente und Erden (Uran, Titan, Cer, Zirkonerde) entdeckt hat, und Jeremias Richter (1762—1807, aus Hirschberg in Schlesien), der die Lehre von den chemischen Proportionen und im Zusammenhang damit die Stöchiometrie begründet hat.

Ganz am Schlusse des XVIII. Jahrhunderts wies noch Joseph Proust (1755—1826, aus Angers) im Kampfe mit Berthollet nach, dass sich zwei Elemente nur in konstanten oder sprungweise veränderlichen Verhältnissen chemisch verbinden.

5. Medizin.

Charakteristisch für das XVIII. Jahrhundert, in dem die Deutschen die Führung auf medizinischem Gebiete übernahmen, ist die grosse Anzahl neuer medizinischer Systeme, die neben den bis tief in dieses Jahrhundert hinein fortbestehenden iatrochemischen und iatromechanischen Theorien auftauchten oder aus letzteren hervorgingen, aber allerdings grossenteils nur von kurzer Dauer waren.

Das eklektische System von Boerhave (s. o.), dem berühmtesten Arzte des XVIII. Jahrhunderts, enthält sowohl solidarpathologische und dynamische Anschauungen (z. B. die vielbenützte Lehre vom „Straffen“ und „Schlaffen“,

das Boerhave jetzt aber auf die „Faser“ bezieht, wobei er noch den Begriff des „Schwachen“ hinzufügt, die „Fäulnis“ der Pneumatiker, das hippokratische „Enormon“ als Ursache der mit dem Leben identischen „Bewegung“,) als humoralpathologische und iatromechanische Begriffe (z. B. die Lehre vom „falschen Ort“ und der „Verstopfung“, bei der jetzt aber die neu entdeckten Blutkörperchen eine Rolle spielen). Die Lehre von der „Verstopfung“ („Infarctus“) rührte von dem hessen-homburgischen Arzte Johann Kämpf (gest. 1753) und dessen gleichnamigem Sohn (1726—1787) her; sie fand besonders in Laienkreisen grossen Anklang. — Stahl (s. o.) nahm als oberstes Prinzip die Seele an, d. h. ungefähr dasselbe, was sonst als „Natur“ bezeichnet wird; diese bewirkt durch ordnungsmässige tonische, bald zusammenziehende, bald erschlaffende Bewegungen die Gesundheit, durch unregelmässige, gehinderte Bewegung die Krankheit, und verlässt den Körper freiwillig im Tode, worauf derselbe zerfällt. Stahls „Animismus“ ist als Reaktion gegen die ausschliesslich mechanischen und chemischen Theorien des XVII. Jahrhunderts anzusehen. — Joh. Aug. Unger (1727—1799, aus Hamburg), ein bedeutender Nervenphysiolog („centripetale“ und „centrifugale“ Nervenleitung) unterschied die mechanischen Erscheinungen im Körper streng von den Wirkungen der „Seele“, welche nach ihm die mit „Irritabilität und Sensibilität“, sowie mit „Lebenskraft“ identische Nervenwirkung zustande bringt. — Der bedeutendste Gegner Stahls war Friedrich Hoffmann (s. o.); dieser stellte ein gemischtes, übrigens nicht sehr konsequentes System auf, in dessen iatromechanischem Teil er sich Boerhave nähert, während an Stelle der Stahlschen „Seele“ als dynamisches Prinzip der materiell aufzufassende „Aether“ tritt. Seine Therapie war einfach und arm an Arzneimitteln. — In der Nervenpathologie von William Cullen (1709 oder 1712 bis 1790, aus Lamark in Schottland) tritt an Stelle der übernatürlichen „Seele“ Stahls und des materiellen Aethers von Hoffmann als dynamisches Prinzip die unbestimmte „Nervenkraft“; im übrigen ist sein System rein solidarpathologisch.

Die alte Wiener Schule hat eine Verbindung der hippokratischen Lehre mit der von Sydenham und Boerhave herzustellen versucht; ihr Urheber war Gerhard van Swieten (1700—1772, aus Leyden), der Anton de Haën (1704—1776, aus dem Haag) als Vorstand der Klinik nach Wien berief. Das Hauptverdienst dieser Schule besteht in ihren „praktischen und diagnostischen Leistungen, sowie in ihrer meist nüchternen Beobachtungsrichtung“. Zu dieser Schule

gehören auch die beiden Schwaben Anton Störck (1749—1803, aus Sulzbach), bekannt durch seine Untersuchungen auf dem Gebiet der Arzneimittel- und Giftlehre, und Maximilian Stoll (1742—1787, aus Erzingen), ein sorgfältiger Beobachter, bei dem die „Galle“ und der „Schleim“ der alten Dogmatiker eine wichtige Rolle spielen, der entsprechend auch zur Entfernung der „gastrischen Unreinigkeiten“ durch Brechmittel und Laxanzen zu wirken sucht („antigastrische Methode“).

Der Vitalismus, die Lehre von der „Lebenskraft“, war in Frankreich vertreten durch die Schule von Montpellier; letztere wurde gegründet durch Theophile Borden (1722—1776, aus Béarn), der die Beförderung der „Krisen“ anstrebt, und Paul Joseph Barthez (1739—1806, aus Montpellier), der die Krankheitszeichen betont und so der Schöpfer der „naturgemässen analytischen und empirischen“ Behandlungsmethode wird. — In Deutschland wurde diese Lehre hauptsächlich durch Joh. Christian Reil (1759—1813, aus Rhaude in Ostfriesland) entwickelt. Nach Reil, der sich speziell um die Fieberlehre und um die Psychiatrie verdient gemacht hat, hängt die „Lebenskraft“ ab von Form, Mischung und ursprünglicher Verschiedenheit der Materie; Krankheit ist Abweichung von der normalen Form und Mischung. — Als Ausartung des Vitalismus ist zu betrachten die Lehre vom tierischen Magnetismus (Franz Anton Mesmer, 1734—1815, aus Ignanz bei Konstanz), die in dem Spiritismus der jüngsten Vergangenheit ihre Fortsetzung gefunden hat.

Eine Uebertragung spezieller chemischer und physikalischer Anschauungen auf die Medizin, in der sie einseitige Anwendung und unberechtigte Verallgemeinerung fanden, stellten die Lehren dar, die als „phlogistische“ und als „antiphlogistische“ Theorie, als „Chemismus“ und als „Galvanismus“ bezeichnet werden. — Bis tief ins XIX. Jahrhundert hat auch das System von John Brown (1735—1788, aus Schottland) nachgewirkt; diesem zufolge ist das Leben eine Aufeinanderfolge von äusseren und inneren, allgemeinen und örtlichen Reizen, die Gesundheit ein mittlerer, die Krankheit ein zu heftiger oder zu schwacher Grad von Erregung; die Krankheiten teilen sich demgemäss in sthenische und asthenische.

Den Uebergang zum XIX. Jahrhundert und damit zugleich den Uebergang von der synthetischen zur analytischen („naturwissenschaftlichen“) Methode vermitteln die Franzosen Philippe Pinel (1745—1826, aus St. Paul, Dép.

du Tarn) und François Xavier Bichat (1771—1802, aus Thoirette, Dép. Ain). Pinel, der auch als Reformator der Irrenheilkunde hervorragt, suchte die Krankheiten durch sorgfältige Diagnosen festzustellen und nach den „reinen“ Symptomen zu klassifizieren, was ihm leicht schien, da er die Krankheiten als einheitliche, unteilbare, nur in unwesentlichen Nebenerscheinungen wechselnde Ganze betrachtete. Dabei trat aber das praktische Endziel der Medizin zu sehr in den Hintergrund. Bichat, Schüler von Desault (s. u.) und Begründer der allgemeinen Anatomie, ergänzte die Lehren Pinels, indem er zeigte, dass die Beobachtung der Krankheitserscheinungen ohne Kenntnis ihres anatomischen Sitzes unfruchtbar sei, und verschaffte demgemäss der pathologischen Anatomie den ihr gebührenden Einfluss. Aus der Vereinigung der Prinzipien Pinels und Bichats, die das Streben nach Lokalisierung der Krankheiten gemein haben, entwickelten sich die nächsten Fortschritte der Medizin, die aus den vielen Systemen des XVIII. Jahrhunderts nur verhältnismässig geringen praktischen Nutzen gezogen hatte.

Unter den speziellen medizinischen Leistungen dieses Jahrhunderts sei hervorgehoben die Erfindung der Perkussion durch Leopold Auenbrugger (1722—1809, aus Graz). Vor ihm war zur innerärztlichen Diagnose von Santoro die Wage, ein Pulszähler und eine Art Thermometer, sowie das Hygrometer gebraucht worden; Boerhave wendete das Thermometer in der Achselhöhle und die Lupe an, Floyer und Haller die Sekundenuhr. Schöpfer der Diagnostik als eines besonderen Wissenszweiges ist Johann Ernst Wichmann (1740—1802, aus Hannover), der Entdecker der Krätzmilbe. — Am den Schluss des Jahrhunderts (1796) fällt die erste Vornahme der Kuhpockenimpfung durch Edward Jenner (1749—1823, aus Berkley in Gloucestershire).

Im Laufe des XVIII. Jahrhunderts gelang es, zunächst in Frankreich, der Chirurgie allmählich ihre Gleichstellung mit der inneren Medizin zu erreichen. Unter den französischen Chirurgen waren die bedeutendsten François Gigot de la Peyronie (1678—1747, aus Montpellier), Jean Louis Petit (1674—1750) und Pierre Joseph Desault (1744—1795), der Begründer der chirurgischen Anatomie; unter den Italienern Antonio Scarpa, unter den Deutschen Lorenz Heister (1683—1758, aus Frankfurt a. M.).

Auf dem Gebiete der Anatomie trat im XVIII. Jahrhundert die gründliche Erforschung einzelner Teile in den Vordergrund; die pathologische und die allgemeine Ana-

tomie wurden als besondere Wissenszweige abgegrenzt. Die erstere wurde von Giov. Batt. Morgagni (1682—1772, aus Forlì) begründet, u. a. von John Hunter (1728—1793, aus Killride in Lanarkshire) und dessen Neffen Matthew Baillie (1761—1823) gefördert und von Bichat (s. o.) zur Grundlage für das Verständnis der Krankheitserscheinungen gemacht; letzterer hat auch zuerst für die Medizin, wenigstens was die Diagnostik betrifft, den Rang einer exakten Wissenschaft in Anspruch genommen.

Von hervorragender Bedeutung ist die Wiederaufnahme der seit Galens Zeiten darniedergelegenen Experimentalphysiologie durch Albrecht von Haller (1708—1777, aus Bern), der sich auch auf dem Gebiet der Anatomie und Entwicklungsgeschichte Verdienste erworben hat; er widerlegte die Lehre von der oscillatorischen Bewegung der Nerven, ebenso die von den „Lebensgeistern“, und stellte selbst seine, zum Gegenstand weitgehender Erörterungen gewordene Lehre von der „Irritabilität“ auf. Die Muskelbewegung wird nach ihm durch die „tote Nervenkraft“ (Elasticität), die „eingepflanzte Nervenkraft“ (Irritabilität) und die „Nervenkraft an sich“ bewirkt; die Reizbarkeit findet sich aber nur in der Muskelsubstanz, unabhängig von den zu ihr gehenden Nerven. Auch den Mechanismus der Herzbewegung und Atmung hat Haller bearbeitet.

6. Zoologie.

In der ersten Hälfte des XVIII. Jahrhunderts war in den einzelnen Zweigen der Zoologie fleissig weiter gearbeitet worden; unter den vielen Forschern dieser Periode erwähnen wir nur Réaumur (s. o.) als bedeutendsten Entomologen seiner Zeit (Studien über die Honigbienen und ihren Haushalt). Auch die fossilen Formen wurden jetzt nicht mehr als „Naturspiele“, sondern als wirkliche Reste von Tieren betrachtet, wenn auch die Erklärung ihrer Entstehung beim damaligen Stand der Geologie grosse Schwierigkeit verursachte, besonders soweit es sich um das Vorkommen von Wassertieren auf Bergen handelte. Es standen sich in dieser Beziehung die Vertreter der „Keimchentheorie“ (Edward Lhwyd, Karl Nicolas Lang) und die „Diluvianer“ (Joh. Jak. Scheuchzer, 1672—1733, Chorherr in Zürich, und David Büttner 1660 bis 1728, Professor in Göttingen) gegenüber; von Scheuchzer rührt das auf der unrichtigen Deutung der Knochen eines fossilen Salamanders beruhende Wort: „Homo diluvii testis“ her (1726).

Gegen die Mitte des Jahrhunderts hatte einerseits die Durchforschung der einzelnen Klassen des Tierreichs, namentlich auch des in grossen Mengen hinzugekommenen, vorher unbekannten Materials neue systematische Anschauungen hervorgebracht, andererseits war die Notwendigkeit einer scharfen wissenschaftlichen Terminologie immer fühlbarer geworden, und es that nun im höchsten Grade not, dass das zersplitterte zoologische Wissen zu einem einheitlichen Bau vereinigt wurde. Das versuchte, allerdings in einseitiger Weise und ohne besonderen Erfolg, Jakob Theodor Klein (1685 bis 1759, aus Königsberg), während der Schwede Karl Linnæus (später Karl von Linné, 1707—1778, aus Råshult) den von Ray angebahnten Aufbau eines in Klassen, Ordnungen, Gattungen, Arten und Varietäten streng gegliederten Systems auf Grund der anatomischen Beschaffenheit der Tiere durchführte; seine Klassen sind Vierfüsser, Vögel, Amphibien, Fische, Insekten und Würmer, von denen allerdings besonders die letzte bunt genug zusammengesetzt war. Da Linné zugleich die formelle Behandlung der Naturgeschichte durch Einführung scharfer Definitionen und besonders einer binären Nomenklatur vereinfachte und sicherstellte, so ist er trotz mancher Verstösse gegen anatomische Thatsachen, die sich bei ihm finden, als Begründer der systematischen Zoologie anzusehen, wenn er auch noch nicht zu einer allgemeinen morphologischen Auffassung und noch weniger zu einer genetischen Betrachtung des Tierreichs vordringen konnte. Seiner Anregung ist es auch hauptsächlich zu verdanken, dass sich die grösseren naturwissenschaftlichen Expeditionen von jetzt an auch die naturgeschichtliche Durchforschung der bereisten Gegenden angelegen sein liessen. Die zahlreichen, auf letzterem Wege erhaltenen Resultate gaben Eb. Aug. Wilh. Zimmermann (1743—1815) Anregung zur Gründung der Tiergeographie, wobei er sich allerdings auf den Menschen und die Säugetiere beschränkte.

Im Gegensatz zu der formellen Systematik Linnés, welche manchen Naturforscher und Naturfreund zu einer allzu äusserlichen Auffassung der zoologischen Wissenschaft verleitete, wiesen die Arbeiten von Buffon und Bonnet auf die Notwendigkeit hin, die wissenschaftlichen Einzelkenntnisse durch allgemeine Ideen in inneren Zusammenhang zu bringen. Buffon (eigentlich Georges Louis Leclerc, nach einer seiner Besitzungen de Buffon genannt, Intendant des Pflanzengartens in Paris, 1707—1788, aus Montbard) berücksichtigte in seinen ohne streng systematische Ordnung dargebotenen Schilderungen

nicht nur die einzelnen Tierformen als solche, sondern auch ihre Gewohnheiten, ihre Instinkte, ihr Vaterland u. dergl., wie er überhaupt die innere Verkettung der einzelnen Naturerscheinungen nachzuweisen bestrebt war; hinter seiner glänzenden Sprache, der er jedenfalls den grössten Teil seines Erfolges zu verdanken hatte, verbarg sich allerdings mannigfach auch ein gewisser „Mangel an folgerichtigen Schlüssen, sowie selbst an den nötigen thatsächlichen Unterlagen“, während sich in dieser Beziehung Charles Bonnet (1720—1793, aus Genf) viel besonnener erwies. — In jener Zeit wurde zum erstenmal auch die Veränderlichkeit der Arten, allerdings mehr vom allgemeinen naturphilosophischen Standpunkte aus, zum Gegenstand der Erörterung gemacht durch Benoît de Maillet (pseudonym Telliamed, 1748 u. 1756) und durch René Robinet.

Einer der hervorragendsten Zoologen der zweiten Hälfte des XVIII. Jahrhunderts war Peter Simon Pallas (1741 bis 1811, aus Berlin). Er war der erste, der die Verwandtschaft der Tierwelt unter dem Bild eines sich vielfach verzweigenden Baumes, anstatt unter dem von Bonnet befürworteten Bild einer einreihigen Stufenleiter darstellte; in seinem umfassend angelegten, aber unvollendet gebliebenen Werke über die Tierwelt Russlands sucht er die Arbeitsart Buffons mit der Methodik Linnés zu verbinden. Ausserdem hat er die Paläontologie gefördert, namentlich durch die Berücksichtigung der lokalen Verhältnisse der Fundorte und deren mögliche Veränderung; er war auch einer der ersten, welche die Ethnographie zum Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen gemacht haben. — Um die letztere machte sich besonders auch Johann Friedrich Blumenbach (1752 bis 1840, aus Gotha) verdient, der zuerst eine naturgeschichtliche Einteilung und Charakterisierung der verschiedenen Formen des Menschengeschlechts versuchte und als Begründer der ethnographischen Schädellehre zu betrachten ist, während der als Zootom verdiente Peter Camper (1722—1789, aus Leyden) zuerst den nach ihm benannten Gesichtswinkel mass und den Unterschied im Bau des Menschen und des Affen untersuchte.

Die vergleichende Anatomie wurde am Ende des XVIII. Jahrhunderts von ihrer eigentlichen Aufgabe, der Erklärung der tierischen Formen und ihrer Verschiedenheiten, einigermassen abgelenkt durch die von Haller ins Leben gerufene Experimentalphysiologie, unter deren Einfluss die beiden bedeutendsten Zootomen jener Zeit, Hunter (s. o.) und Vicq d'Azyr (1748—1794, aus Valognes), standen.

Für die Entwicklungslehre wurden wichtig die Arbeiten von Lazzaro Spallanzani (1729—1799, aus Scandiano in Modena) und von Caspar Friedrich Wolff (1735—1794, aus Berlin), welcher letzterer die Haltlosigkeit der Evolutionstheorie nachwies, der zufolge sämtliche Teile des Tiers bereits im Ei vorgebildet sein sollten. — Auch dem Seelenleben der Tiere schenkte man eine allerdings von philosophischen und theologischen Voraussetzungen nicht unabhängige Berücksichtigung.

7. Botanik.

Auf dem Gebiet der Botanik fand die von Cäsalpin ausgehende Entwicklungsreihe der Systematiker in Linné (s. o.) einen ähnlichen Abschluss, wie die Reihe der Verfasser von Einzelbeschreibungen in Bauhin gefunden hatte. Linné fasste das, was die Cäsalpin'sche Richtung geleistet hatte, in einem Lehrgebäude zusammen, an dessen Spitze eine übersichtliche, wenn auch künstlich zu nennende, weil auf einer einseitigen Bevorzugung der Befruchtungsorgane beruhende, Einteilung des Pflanzenreichs steht, wobei noch zu bemerken ist, dass Linné gerade die Merkmale der letztgenannten Organe für seine Einteilung verwendet, welche für den Funktionszweck selbst gänzlich gleichgültig sind, nämlich Zahl und Verwachsung der Staubfäden. Wie in der Zoologie hat Linné auch in der Botanik eine anschauliche und bequeme Terminologie eingeführt; Ausdrücke wie monöcisch, diöcisch, mittelbar auch später geschöpfte wie protandrisch, protogynisch u. a. sind auf ihn zurückzuführen. Ebenso hat er die binäre Nomenklatur in der Botanik zwar nicht gefunden (vgl. Bauhin), hat ihr aber durch gleichmässige Charakterisierung sowohl der Gattungen als der Arten erst den rechten wissenschaftlichen Wert gegeben.

Während in den folgenden Jahrzehnten die meisten deutschen, englischen und schwedischen Botaniker das Linné'sche Sexualsystem als den Abschluss der botanischen Wissenschaft betrachteten und letztere so unter Sammlung und Beschreibung neuer Arten zum „gemütlichen, geistlosen Kleinleben“ herabsinken liessen, erkannte Linné selbst, dass mit seinem System die eigentliche Aufgabe der Systematik noch nicht gelöst sei; diese Lösung war ja auch unmöglich, solange ein von vornherein feststehendes Einteilungsprinzip zu Grunde gelegt wurde. Linné betrachtete in der That als die höchste Aufgabe der Botanik den Ausbau des natürlichen Systems und

stellte wenigstens ein Bruchstück eines solchen auf, das Bernard de Jussieu (1699—1777, aus Lyon, Vorstand des Pariser Pflanzengartens) für seine schon weit vollkommeneren Familienreihe benützte. Der Neffe des letzteren, Antoine Laurent de Jussieu (1748—1836, aus Lyon), fand dann in diesen Vorarbeiten die Grundidee für sein natürliches Pflanzensystem. Während Bauhin die Spezies charakterisierte und die Gattungen nur benannte, Tournefort die Gattungen charakterisierte, Linné die Gattungen gruppierte, aber die Gruppen auch wieder nur benannte, ist es das nicht zu unterschätzende Verdienst des jüngeren Jussieu, auch letztere, die wir nach heutigem Sprachgebrauch Familien nennen würden, mit einer Diagnose versehen zu haben; dagegen ist die von Jussieu versuchte Vereinigung von Familien zu Klassen (1789) wieder eine künstliche zu nennen.

Hand in Hand mit den Fortschritten, welche die Kenntnis der natürlichen Verwandtschaften der Pflanzenwelt machte, ging die Ausbildung der vergleichenden Morphologie, soweit die fertigen Pflanzenformen in Betracht kamen; ein besonderes Verdienst in dieser Beziehung erwarb sich Joseph Gärtner (1732—1791, aus Calw), der in der Einleitung zu seiner „Karpologie“ die Morphologie der Früchte und Samen begründete.

Die Phytotomie wurde im XVIII. Jahrhundert wenig gepflegt, zumal da ihr die Systematiker der Linné'schen Schule, wie Linné selbst, nur geringen Wert beimassen. Verhältnismässig das Bedeutendste auf diesem Gebiete hat Caspar Friedrich Wolff (s. o.) geleistet, wenn auch seine Beobachtungen oft ungenau und durch vorgefasste Meinungen beeinflusst sind. Nach ihm bestehen die jüngsten Pflanzenteile aus einer gallertartigen, von Nahrungssaft durchtränkten Substanz; durch tröpfchenweise Ausscheidung des Saftes werden die Zellräume gebildet (also analog den Poren in einem gärenden Brotteig). Neben Wolff ist etwa noch Johannes Hedwig (1730—1799, aus Kronstadt in Siebenbürgen), der Begründer der wissenschaftlichen Mooskunde, zu nennen, der sich nur mit der Struktur des fertigen Zellbaus beschäftigte und zwar starke Vergrößerungen bei kleinem Gesichtsfeld benützte, aber, wie Wolff, das Gesehene häufig nach vorgefassten Meinungen deutete.

Die in der zweiten Hälfte des XVII. Jahrhunderts ins Leben getretene Pflanzenphysiologie erfuhr am Anfang des XVIII. eine schöne Bereicherung durch die Untersuchungen

von Stephan Hales (1677—1761, aus Kent) über die Saftbewegung der Pflanzen; ganz im Geiste des Newton'schen Zeitalters suchte dieser Forscher durch geschickte Experimente die Vegetationserscheinungen auf die damals bekannten mechanisch-physikalischen Gesetze zurückzuführen, wobei er besonders auch die Mitwirkung der Luft beim Aufbau des Pflanzenkörpers berücksichtigte.

Nach mehreren Jahrzehnten des Stillstandes begann mit Du Hamel de Monceaux (1700—1781, aus Paris) eine neue Periode des Aufschwungs der Physiologie (1758). Du Hamel selbst fasst allerdings im wesentlichen nur das vorher schon Bekannte zusammen, und die Anschauungen von Bonnet (s. o.) z. B. über die Bedeutung der Blätter leiden noch an auffallender Urteilslosigkeit; dagegen fördert Joseph Kölreuter (1733—1806, aus Sulz a. N.) die durch die Evolutionstheorie verdunkelte Einsicht in das Wesen der pflanzlichen Sexualität durch die künstliche Erzeugung von Bastarden, durch das eingehende Studium der Bestäubungsvorrichtungen der Blüte und ihres Zusammenhangs mit der Biologie der Insekten. Bezüglich des letzteren Punktes kam in den 90er Jahren Konrad Sprengel (1750—1816, Rektor in Spandau) zu noch viel merkwürdigeren Resultaten, deren Tragweite zunächst allerdings in keiner Weise gewürdigt, sondern erst später durch die Descendenztheorie ins rechte Licht gestellt wurde.

In der Ernährungslehre machte es die Entdeckung des Sauerstoffs, sowie der chemischen Zusammensetzung des Wassers und der Luft möglich, dass Jan Ingen-Houss (1730—1799, aus Breda) die unter dem Einfluss des Lichtes erfolgende Aufnahme von Kohlensäure und Abscheidung von Sauerstoff durch die grünen Pflanzenteile nachweisen konnte. Auch Jean Senebier (1742—1809, aus Genf) stellte in den 80er Jahren ausgedehnte Untersuchungen über den Einfluss des Lichtes auf die Vegetation an. Jedoch ist erst Théodore Saussure (1767 bis 1845, aus Genf), dessen Hauptwerk allerdings ins folgende Jahrhundert (1804) fällt, als eigentlicher Begründer der Lehre von der chemischen Ernährung der Pflanzen zu betrachten. In formaler Beziehung hat er sich durch die Bestimmtheit der Fragestellung und durch die quantitative Behandlung der Ernährungsprobleme verdient gemacht; in materieller Beziehung verdankt man ihm besonders die Entdeckung, dass mit dem der atmosphärischen Kohlensäure entnommenen Kohlenstoff auch zugleich die Bestandteile des Wassers in der Pflanze gebunden werden und dass die Aufnahme von Stickstoffverbindungen und von

Aschenbestandteilen für die Ernährung der Pflanze unumgänglich notwendig ist.

8. Mineralogie.

In der ersten Hälfte des XVIII. Jahrhunderts trug die Mineralogie noch den nämlichen Charakter, wie in den vorhergegangenen 50 Jahren. Die Mineralogen beschäftigten sich zunächst vorwiegend mit den Kristallen, Scheuchzer (s. o.) besonders mit denen des Quarzes, Anton Capeller (1685—1769, aus Luzern) mit denen der Edelsteine, der gewöhnlichen Steine, der Salze und der Metalle; letzterer ist der Ansicht, dass nur die sauren Salze kristallisieren. Der Mathematiker und Physiker De la Hire beschrieb, nicht ohne bei dieser Gelegenheit auf das Unzureichende der älteren philosophischen Spekulation, der z. B. auch Linné bezüglich der Kristalle huldigte, hinzuweisen, die Kristallgestalt des Kalkspaths und des Gipses. — Louis Bourguet (1678—1742) erkennt den organischen Ursprung der Versteinerungen an und erklärt dagegen die von Tournefort als versteinerte Bäume betrachteten Stalaktiten als Kristallaggregate.

Unter den physikalischen Eigenschaften der Kristalle kam in jener Zeit nur die Phosphoreszenz einigermaßen zur Untersuchung; sie wurde von Wall (1708) am Diamant, von Du Fay (1698—1739, aus Paris) und J. H. Pott (1692 bis 1777, aus Halberstadt) auch an anderen Mineralien nachgewiesen.

Die Mineralchemie wurde in dem genannten Zeitraum besonders gefördert durch Joh. Fr. Henkel (1679—1744, aus Merseburg) und durch J. H. Pott (s. o.) Jedoch waren um die Mitte des XVIII. Jahrhunderts z. B. die alkalischen Erden unter sich noch nicht unterschieden; die Thonerde wurde häufig mit Kieselsäure verwechselt oder die Verbindung beider für einfach gehalten. — In den mineralogischen Systemen kommt noch kein konsequent durchgeführtes Prinzip zum Ausdruck.

Eine neue, etwa die zweite Hälfte des XVIII. Jahrhunderts umfassende Entwicklungsperiode begann für die Mineralogie mit J. G. Wallerius (1709—1785, aus der Grafschaft Nerk in Schweden), der die physikalischen und chemischen Kennzeichen der Mineralien kritisch verglich und eine beide umfassende, die letztere aber bevorzugende Untersuchungsmethode aufstellte. In einem gewissen Gegensatz zu diesem Forscher wurde der Kristallgestalt wieder grössere Aufmerksamkeit zugewendet von Romé de l'Isle, Bergmann und Werner, welche den inneren Zusammen-

hang der verschiedenen Gestalten einer Spezies erfassten. Romé de l'Isle (1736—1790, aus Gray in der Franche-Comté) mass zunächst die ebenen Winkel, später (1783) aber mit Hilfe des von Carangeot erfundenen Anlegegoniometers auch die Kantenwinkel genau und sprach auf Grund dieser Untersuchungen das Gesetz von der Konstanz der letzteren und vom Flächenparallelismus bestimmter aus, als dies vorher geschehen war; er erkannte auch das Verhältnis der Hemitropie und das Vorkommen pseudomorpher Kristalle. — Weniger umfassend, aber für die Entwicklung der Kristallographie noch wichtiger sind die Arbeiten von Torbern Bergmann (1725—1784, aus Westgothland), der die verschiedenen äusseren Formen in engeren Zusammenhang mit einem inneren Kristallkern brachte als irgend einer seiner Vorgänger und damit die Haüy'sche Korpuskulartheorie vorbereitete; er bemerkte u. a. auch die Abnahme der Temperatur bei Auflösung von Salzen und das Freiwerden von Wärme bei der Kristallisation. — Abraham Gottlob Werner (1750—1815, aus der Oberlausitz) hat das Verdienst, durch Aufstellung bestimmter Definitionen und Begriffe eine rationelle Kennzeichenlehre angebahnt zu haben. Mit besonderer Vorliebe hebt er die Farbe hervor; auf exakte Winkelbestimmung legte er weniger Nachdruck als auf die Ableitung der durch Abstumpfung, Zuschärfung und Zuspitzung entstandenen Veränderungsflächen aus seinen sechs „Grundgestalten“. — Mit der Entstehung der Kristalle beschäftigte sich ausser Wallerius, René de l'Isle und Bergmann, welch letzterer die Kristallisation aus wässriger Lösung, aus dem Schmelzfluss (Boyle) und durch Sublimation anführt, besonders auch Nicolas Leblanc.

Theodor Aepinus (1724—1802, aus Rostock) entdeckte 1762 die Thermoelektrizität des Turmalins (s. o), Bergmann wies als Quelle der letzteren die durch Temperaturveränderung verursachte Oberflächenveränderung nach und Wilson, Canton, Haüy zeigten dann dasselbe Verhalten bei einer Reihe anderer Kristalle.

Auf dem Gebiet der Mineralchemie hat sich Axel von Cronstedt (1722—1765, aus Südermanland) sowohl durch die Einführung des Lötrohrs als durch die Ausbildung der Analyse auf nassem Wege wesentliche Verdienste erworben. — Die Methode der Aufschliessung unlöslicher Silikate durch Alkali rührt von Bergmann her (1789), dem man überhaupt viele Reaktionen, sowie die Einführung der quantitativen Mineralanalyse zu verdanken hat.

Ein grosser Fortschritt war es, dass Werner in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts unter gleichzeitiger Schaffung einer geeigneten Terminologie die Geognosie von der Mineralogie getrennt und zum Range einer selbständigen Wissenschaft erhoben hat (1787). Er unterschied uranfängliche Gebirgsarten, Flötze und aufgeschwemmtes Land, stellte den Begriff der Formation auf und lehrte, dass sich die Formationen von oben nach unten in strenger Ordnung folgen, womit das geognostische Grundgesetz ausgesprochen war. Die erste geognostische Beschreibung eines Gebirgs hatte indes schon Pallas (s. o.) 1777 gegeben.

XIX. Jahrhundert.

Die philosophische Richtung, welche am Anfang unseres Jahrhunderts herrschend war, besonders die Schelling'sche Naturphilosophie, wirkte auf die stetige Entwicklung der Naturwissenschaften, zumal in Deutschland, zunächst hemmend ein, insofern sie das Studium der Wirklichkeit und der Erfahrung durch apriorische Lehrsätze ersetzen zu können glaubte. Bald aber klärte sich das Verhältnis zwischen Philosophie und Naturwissenschaft. Die erkenntnistheoretischen Grenzen, welche beiden gesetzt sind, wurden deutlich erkannt und (bezüglich der Naturwissenschaften z. B. von Helmholtz) festgelegt. Das Verhältnis von Induktion und Deduktion, von Hypothese und Gesetz, überhaupt sowohl die allgemeinen wie die speziellen naturwissenschaftlichen Begriffe wurden genau bestimmt. Die vollständig unabhängig gewordene Naturwissenschaft bildete die Kunst, scharfe Fragen zu stellen und diese durch Beobachtung und Experiment ebenso scharf zu beantworten, mittelst der „Isolation“ und entsprechend der „Superposition“ der einzelnen bei jedem Vorgange wirksamen Kräfte aufs glänzendste aus und förderte unter ausgedehntester Anwendung des Prinzips der Arbeitsteilung eine solche Fülle neuen Wissens zu Tage, gab zugleich auch dem praktischen Leben eine solche Menge neuer Hilfsmittel, dass unsere Zeit wohl mit Recht als das Zeitalter der Naturwissenschaften bezeichnet wird und dass letztere von massgebendem Einfluss auf das gesamte Geistesleben der Gegenwart geworden sind.

In materieller Beziehung ist für das Naturstudium des XIX. Jahrhunderts das Bestreben charakteristisch, nicht nur die Gegenstände und Erscheinungen selbst, sondern auch ihre Entstehung zu untersuchen und so aus dem „Werden“ das „Sein“ zu begreifen.

1. Mathematik.

In den Vordergrund eines Ueberblicks über die Entwicklung der Mathematik im XIX. Jahrhundert ist der grösste Mathematiker dieses Zeitraums Karl Friedrich Gauss (1777 bis 1855, aus Braunschweig) zu stellen. Neben seinen Leistungen auf dem Gebiet der theoretischen Astronomie, Physik und Geodäsie, unter denen hervorzuheben sind die 1795 erfundene, 1809 veröffentlichte Methode der kleinsten Quadrate, die Potentialtheorie, die Theorie des Erdmagnetismus, die Angabe des allgemeinen Masssystems, hat er auch fast auf allen Gebieten der reinen Mathematik neue Bahnen eröffnet.

In der Zahlentheorie hat er für das von Adrien Marie Legendre (1752—1833, aus Toulouse) aufgestellte „quadratische Reciprocitätsgesetz“ mehrere Beweise geliefert. Er hat ferner u. a. den Begriff der komplexen Zahl (auch das Zeichen i für $\sqrt{-1}$) in die Arithmetik eingeführt; dieser wurde dann von Hermann Grassmann (1809—1877, aus Stettin) in seiner „Ausdehnungslehre“ und von William Hamilton (1805—1865, aus Dublin) in seinem „Quaternionenkalkül“ weiter ausgebildet. Auf dem von Gauss in der Zahlentheorie gelegten Grunde haben besonders Lejeune Dirichlet (1805—1859, aus Düren bei Aachen) und der u. a. auch um die Ausbildung der Determinantenlehre verdiente Karl Jacobi (1804—1851, aus Potsdam) weiter gearbeitet. Die im XVIII. Jahrhundert von Euler und von Jean Baptiste Joseph Fourier (1768—1830, aus Auxerre) gepflegte Lehre von den Reihen ist ebenfalls durch Gauss, sodann durch Niels Henrik Abel (1802—1829, aus Norwegen) und durch den auch auf dem Gebiet der Integralrechnung hervorragenden Augustin Cauchy (1789—1857, aus Paris) auf eine höhere Stufe gehoben worden. — Aus dem Gebiet der Gleichungen mag hervorgehoben werden die Behandlung der Kreisteilungsgleichungen ($x^n - 1 = 0$) durch Gauss, an die sich die Arbeiten von Abel und Galois anschlossen. — Die Lehre von den Differentialgleichungen wurde besonders gefördert durch J. F. Pfaff (1765—1825, aus Stuttgart), durch Jacobi, Ludwig Otto Hesse (1811—1874, aus Königsberg), Rudolf Friedrich Clebsch (1833—1872, aus Königsberg) u. a.

Charakteristisch für die Fortschritte der Analysis in unserem Jahrhundert ist die von Legendre, Jacobi und Abel gegründete Theorie der elliptischen Funktionen und der Thetafunktionen, welche durch Georg Riemann

(1826—1866, aus Breselenz, Lüneburger Heide) und andere zum Teil jetzt noch lebende Mathematiker nach verschiedenen Richtungen hin weiter ausgebildet wurde.

Unter den geometrischen Leistungen unseres Jahrhunderts ist besonders hervorzuheben die Entwicklung der projektiven Geometrie, die auf Grund der Vorarbeiten von Monge und von Nicolas Carnot (1753—1823, aus Nolay) zunächst durch die Untersuchungen der französischen Mathematiker Jean Poncelet (1788—1867, aus Metz) und Michel Chasles (1793—1888, aus Epernon), dann aber, vom dritten Jahrzehnt an, vorzugsweise in Deutschland weiter entwickelt wurde. Vorwiegend nach der synthetischen Seite hin geschah dies durch Jacob Steiner (1796—1863, aus Utzendorf bei Solothurn), durch Karl von Staudt (1798—1867, aus Rothenburg a. d. Tauber) in seiner „Geometrie der Lage“ und durch August Ferd. Möbius (1790—1868, aus Schulpforta, Professor in Leipzig), der in seinem „barycentrischen Kalkül“ das erste Beispiel homogener Koordinaten, sowie das Prinzip der eindeutigen und der mehrdeutigen Verwandtschaft geometrischer Gebilde aufgestellt hat. Dagegen wurde mehr die analytische Richtung eingeschlagen durch Julius Plücker (1801—1868, aus Elberfeld), welcher das Prinzip der Dualität auf seinen analytischen Ausdruck gebracht und die Gerade als Raumelement eingeführt hat, durch Hesse und durch Clebsch.

Die Differentialgeometrie (Lehre von der Krümmung der Flächen) wurde durch Charles Dupin (1781—1873, aus Varzy) und besonders durch Gauss gefördert, an dessen Arbeiten sich dann die von Jacobi, Lamé, C. Neumann, Beltrami u. a. anschlossen. — Die abzählende Geometrie, von Chasles begründet, wurde besonders durch Arthur Cayley (1821—1895), der auch die Theorie der Raumkurven wesentlich gefördert hat, und durch Brill weiter ausgebildet.

Im Entstehen begriffen ist auch eine nichteuklidische („absolute“) Geometrie, welche z. B. zeigt, dass das elfte Euklid'sche Axiom („zwei Gerade, bzw. geodätische Linien, schneiden sich, wenn die Summe der inneren Gegenwinkel kleiner als $2R$ ist“) nicht allgemein für die Pseudosphäre (Fläche von konstanter negativer Krümmung) gilt. Angedeutet durch Gauss wurde diese Betrachtungsweise in den dreissiger Jahren begründet durch Lobatschewsky (1793—1856, aus dem Bezirk Nischni-Nowgorod) und die beiden Bolyai (Wolfgang, 1775—1856, und dessen Sohn Johann, 1802—1860, aus Siebenbürgen), Ende der sechziger Jahre dann mächtig ge-

fördert besonders durch Riemann, Helmholtz und Beltrami, sowie durch F. Klein, welcher zeigte, dass aus der projektiven Geometrie eine „elliptische“, eine „parabolische“ und eine „hyperbolische“ Geometrie abgeleitet werden können, welche im wesentlichen übereinstimmen mit der sphärischen, der euklidischen und der pseudosphärischen Geometrie. Die euklidische Geometrie bildet gewissermassen die Grenze zwischen der sphärischen und der pseudosphärischen.

2. Astronomie.

In der ersten Nacht des XIX. Jahrhunderts entdeckte Giuseppe Piazzi zwischen Mars und Jupiter in einer den Astronomen längst auffällig gewesenen Lücke den ersten der Planetoiden, die Ceres; wenige Wochen später wurde die Pallas (von Olbers) und in den nächsten Jahren auch die Juno und die Vesta aufgefunden. Seither wuchs die Zahl der entdeckten Planetoiden fortwährend, so dass man Ende 1896 deren über 400 zählte. Auch die bis dahin angenommene Zahl der eigentlichen Planeten wurde um einen vermehrt und zwar in einer Weise, die der exakten Wissenschaft zur höchsten Ehre gereicht. Es hatte nämlich Urbain Leverrier (1811 bis 1877, aus St. Lô) aus gewissen Anomalien im Gange des Uranus auf die Existenz eines neuen Weltkörpers geschlossen und dessen notwendige Stellung mit solcher Genauigkeit mathematisch bestimmt, dass Joh. Gottfr. Galle (geb. 1812, aus der Nähe von Wittenberg) noch am Abend desselben Tags, an dem er von Leverrier die nötigen Angaben erhielt, den Planeten Neptun thatsächlich auffand.

Den Kometen schenkten besonders Joh. Franz Encke (1791—1865, aus Hamburg) und der österreichische Hauptmann Wilhelm von Biela (1782 bis 1856) ihre Aufmerksamkeit; beiden verdankt man die Entdeckung von Kometen mit kurzer Umlaufszeit. Durch den 1872 an Stelle der Wiederkehr des Biela'schen Kometen eingetretenen Sternschnuppenfall wurde der schon vorher von Schiaparelli (geb. 1835, aus Savigliano in Piemont) nachgewiesene Zusammenhang zwischen Sternschnuppen und Kometen bestätigt. Ueberhaupt erfuhr die Topographie des Himmels durch Verfeinerung der Rechnungs- und Beobachtungsmethoden, besonders durch die Eliminierung der Beobachtungsfehler eine bedeutende Bereicherung; es genüge in dieser Beziehung auf die Namen von Gauss (Methoden der Bahnberechnung und Methode der kleinsten

Quadrate) und von Friedr. Wilhelm Bessel (1784—1846, aus Minden, Professor in Königsberg) hinzuweisen.

Ganz besonders charakteristisch für den wissenschaftlichen Fortschritt unserer Zeit ist aber das Zusammenwirken der Physik mit der Astronomie (Astrophysik). Abgesehen von der Verbesserung und Vergrößerung der Beobachtungsinstrumente, unter denen gegenwärtig bezüglich der Dimensionen der Refraktor der Licksternwarte in Kalifornien obenansteht, war es einerseits die Photographie und andererseits die Spektralanalyse, welche zu neuen merkwürdigen Ergebnissen auf astronomischem Gebiet geführt haben. Die Photographie vermittelt Bromsilbergelatine machte noch Sterne 15. Grösse wahrnehmbar, also Himmelskörper, die auch mit den stärksten Teleskopen kaum oder nicht aufgefunden werden können (Himmelsatlas der Brüder Henry in Paris). Die Spektralanalyse ihrerseits setzte (seit 1859) die Astronomen in die Lage, auch über die chemische Natur der Himmelskörper Untersuchungen anstellen zu können; namentlich wurde die Physik der Sonne mit ihren Flecken und Fackeln, mit ihrer Corona und ihren Protuberanzen, durch den Jesuitenpater Angelo Secchi (1818 bis 1878, aus Reggio d'Emilia), durch Rudolf Wolf, den Entdecker der Periodicität der Sonnenflecken, Huggins, Janssen, Vogel, Zöllner u. a. in überraschender Weise gefördert.

Schon hat sich die moderne Wissenschaft auch daran gewagt, die Grenzen unseres Sonnensystems, das sich inmitten eines möglicherweise linsenförmigen, nach anderer Ansicht von parallelen Ebenen begrenzten Sternhaufens befindet, zu überschreiten und den Grund zur Bestimmung der Eigenbewegung desselben zu legen, seit Friedr. Wilh. Angellander (1799 bis 1875, aus Memel) im Jahre 1837 nachgewiesen hat, dass diese Bestimmung aus den Beobachtungen abgeleitet werden kann. Aufgabe der folgenden Jahrhunderte wird es sein, aus den zu beobachtenden Veränderungen in der Bewegungsrichtung und möglicherweise auch der Bewegungsgeschwindigkeit unseres Sonnensystems, die gegenwärtig zu etwa 4000 Meilen in der Stunde angenommen wird, die Elemente der Rotation desselben um einen fernen Schwerpunkt zu berechnen und so über die Organisation des Weltgebäudes einen weiteren Aufschluss zu gewinnen.

3. Physik.

In der Physik hat der Drang, zu höheren Gesichtspunkten aufzusteigen, gegen die Mitte unseres Jahrhunderts seinen

schönsten Ausdruck gefunden in dem allgemeinsten aller bekannten Naturgesetze, dem zuerst (1841, bzw. 1842) von Robert Mayer (1814—1878, Arzt in Heilbronn), bald nachher (1843) auch von James Joule (geb. 1818, aus Salford bei Manchester), von dem Dänen Ludwig Colding (geb. 1815 auf Seeland) und (1847) von Hermann Helmholtz (1821—1893, aus Potsdam) ausgesprochenen Gesetz von der Erhaltung der Energie. Wohl musste dieses Gesetz für die verschiedenen Formen der Energie und Energieverwandlungen erst im einzelnen nachgewiesen werden, aber dieser Beweis ist heutzutage, wenigstens was die anorganische Natur anbelangt, doch schon soweit gediehen, dass Maxwell mit Recht sagen konnte: „Eine vollständige Diskussion der Energie schliesst die ganze Physik in sich.“

Die Mechanik im engeren Sinn entwickelte sich in unserem Jahrhundert unter den Händen der Mathematiker (Gauss, Dirichlet, Jacobi, Bessel, Weber, Poincot, Monge, Carnot, Poisson, Poncelet u. v. a.) nach der formalen Seite hin in einer Weise, dass das ganze System derselben jetzt streng aufgebaut erscheint, allerdings auch manches Problem enthält, das mehr mathematisches als physikalisches Interesse bietet. Zugleich mit dieser Vervollkommnung und Verfeinerung der mechanischen Theorie entwickelte sich das Bestreben, die Lehren der Mechanik auf alle Gebiete zunächst der unorganischen, weiterhin aber auch der organischen Natur anzuwenden, alle Naturerscheinungen als Bewegungsvorgänge aufzufassen und zu erklären. In dieser Beziehung sind in den letzten Jahrzehnten sehr bedeutende Resultate erzielt worden und es steht zu erwarten, dass auch die nächste Zukunft manche Wahrheiten, zu denen die ersten Andeutungen schon vorliegen, zu Tage fördern wird.

Andererseits bediente sich die Technik der Hilfsmittel, welche ihr die theoretische Mechanik an die Hand gegeben hatte, in ausgiebigster Weise zur Herstellung der mannigfachsten Kraft- und Arbeitsmaschinen. Die Dampfmaschinen erhielten ums Jahr 1860 durch den Amerikaner Corliss eine zweckmässigere Verbindung zwischen Cylinder und Kurbellager durch den Bajonettbalken, der einen charakteristischen Bestandteil der liegenden Dampfmaschine bildet. Die Zwei- und Dreicylindermaschinen (Woolf'sche und Compoundmaschinen) ermöglichen eine vollständigere Ausnützung der Expansionskraft des Dampfes, die oscillierenden Maschinen (Hick) und die rotierenden Maschinen (Cox) eine bedeutende Raumersparnis. Ausser dem Dampf und ausser den uralten

Kraftquellen Wasser und Wind werden aber auch Leuchtgas (Lenoir 1862; Otto 1865) und Erdöl nebst seinen Destillaten (Naphtha, Benzin) von der modernen Technik in sinnreichster Weise ausgenützt. In der elektrischen Kraftübertragung (Dynamomaschinen s. u.) hat letztere ausserdem ein Mittel in die Hand bekommen, das ihr erlaubt, irgendwie gewonnene mechanische Kräfte einerseits auf weite Entfernungen hin nutzbar zu machen, andererseits in beliebige kleinere Teile zu zerlegen, was für die weitere Entwicklung der Industrie und besonders auch für die Anwendung der Maschinenarbeit im Kleinhandwerk von grösster Bedeutung zu werden verspricht.

Wie die Herstellung der Kraftmaschinen, so ist auch die der Arbeitsmaschinen im Laufe unseres Jahrhunderts auf eine Stufe gehoben worden, die es ermöglicht, nahezu jedes zu rein mechanischer Arbeit bestimmte Werkzeug statt durch Menschenhand oder durch tierische Kraft durch die Maschine in Bewegung zu setzen und so in den meisten Fällen eine raschere, billigere und vielfach auch bessere Arbeit zu liefern, was die in volkswirtschaftlicher und sozialer Beziehung so wichtige Entstehung der Fabriken zur Folge hatte. Unter den geradezu unzähligen Erfindungen dieser Art möge nur hervorgehoben werden die der Lokomotive durch George Stephenson (1781—1848, aus Northumberland), die ursprünglich (1812) nur dem Kohlentransport diente und erst später auch für Personenbeförderung verwendet wurde (erste Personenbahn Stockton-Darlington 1828, in Deutschland Nürnberg-Fürth 1835). Robert Fulton (1765 bis 1815, aus Pennsylvanien) baute (1807) zu Newyork das erste zu eigentlichen Verkehrszwecken verwendete Dampfschiff. — Als mechanische Erfindungen der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts mögen ihrer weittragenden Bedeutung wegen noch erwähnt werden die der Schnellpresse durch Friedrich König (1811), die sich, zumal seit der Anwendung des endlosen Papiers allmählich zu bewunderungswürdiger Leistungsfähigkeit entwickelt hat, die des Jacquardstuhls (1808) und die der Nähmaschine (Howe 1845).

Die Wärmelehre wurde am Anfang unseres Jahrhunderts besonders gefördert durch Gay-Lussac (1778—1850, aus St. Léonard, Dép. Haute-Vienne), der 1807 das nach ihm benannte, allerdings nur annähernd richtige Gesetz aufstellte, demgemäss die Ausdehnung der Gase der Temperaturzunahme proportional ist. Pierre Dulong (1785—1838, aus Rouen), Alexis Petit (1791—1820, aus Vesoul), Heinrich Magnus (1802—1870, aus Berlin) und in besonders eingehender Weise Henri Victor Regnault (1810—1878, aus Aachen, Prof. der Physik und

Chemie in Paris) untersuchten die Körper auf ihre thermischen Eigenschaften. Fourier (s. o.) begründete, obwohl keineswegs schon auf dem Standpunkt der mechanischen Wärmetheorie stehend, 1807 die mathematische Theorie der Wärmeleitung. Nicolas Sadi Carnot (1796—1832, aus Paris) leitete (1824) aus der Stofftheorie den nach ihm benannten Satz ab, dass mit der Verwandlung von Wärme in mechanische Arbeit stets ein Uebergang von Wärme aus einem wärmeren in einen kälteren Körper verbunden ist; erst der um die Wärmetheorie überhaupt sehr verdiente R. Clausius (geb. 1822, aus Cöslin) brachte später (1850) den Carnot'schen Satz mit dem Mayer'schen Prinzip in Uebereinstimmung. Während zu Anfang des Jahrhunderts die Theorie, welche Wärme als Stoff ansah, überwog, war mit der Entdeckung des mechanischen Wärmeäquivalents durch Mayer (1842) und Joule (1843) (s. o.) der strenge Nachweis geliefert, dass Wärme eine Form der Energie ist; durch Helmholtz wurde dann (1847) der Satz von der Erhaltung der Energie auf sämtliche Gebiete der Physik übertragen.

In der Optik war zu Beginn des XIX. Jahrhunderts die Emissionstheorie noch vorherrschend; zu ihren Anhängern zählte u. a. Etienne Malus (1775—1812, aus Paris), der (1808) die Polarisation des Lichtes durch Reflexion entdeckte („Gleichrichtung gewisser Polaritätsachsen der Lichtmoleküle“), ebenso Jean Baptiste Biot (1774—1862, aus Paris), dem man die Kenntnis der Cirkularpolarisation verdankt, und David Brewster (1781—1868, aus Sedburgh in Schottland), der einer der Entdecker der Fluorescenz ist, das Kaleidoskop (1817) erfunden, das Wheatstonische Spiegelstereoskop durch das dioptrische Stereoskop ersetzt und nachgewiesen hat, dass der gebrochene Strahl auf dem reflektierten polarisierten Strahl senkrecht steht. Durch Thomas Young (1773—1829, aus Milverton in Somersetshire) und in erster Linie durch Augustin Fresnel (1788—1827, aus Broglie in der Normandie), dessen optische, auf mechanische Begründung der Theorie der Doppelbrechung, auf Polarisation, Interferenz und Beugung sich beziehende Arbeiten in den Zeitraum von 1815—1826 fallen, wurde indes, besonders mit Hilfe der Thatsachen, welche die Interferenz- und Beugungserscheinungen an die Hand geben, der zwischen beiden optischen Theorien bestehende Streit endgültig zu Gunsten der Undulationstheorie entschieden. Jean Bernard Foucault (1819—1860, aus Paris), bekannt durch seinen Pendelversuch, wies dann (1854) noch nach, dass die Resultate der direkten Bestimmung der Lichtgeschwin-

digkeit in verschiedenen Medien mit der Emissionstheorie unvereinbar sind. Dominique Arago (1786—1853, aus Estagel bei Perpignan) entdeckte die Farben der Kristallplättchen im Polarisationsapparat. — Joseph Fraunhofer (1787 bis 1826, aus Straubing, Optiker in München), dem man auch die Vervollkommnung der Linsen und der optischen Instrumente verdankt, untersuchte (1814 und 1815) die schon 1802 von Wollaston beobachteten und von ihm selbständig wieder aufgefundenen dunkeln Linien im Sonnenspektrum; letztere sind besonders wichtig geworden, seit Robert Bunsen (geb. 1811 zu Göttingen) und Gustav Kirchhoff (geb. 1824 zu Königsberg) in der Spektralanalyse (1859) ein Mittel entdeckt haben, um die chemischen Bestandteile glühender Körper optisch ergründen zu können. — Die bedeutendste elektrisch-optische Errungenschaft der jüngsten Zeit ist die der Röntgenstrahlen; über die Tragweite dieser Entdeckung und über die Natur der „X-Strahlen“ muss die Zukunft Aufklärung bringen.

In der Akustik behandelte Georg Simon Ohm (1789 bis 1854, aus Erlangen) auf analytischem Wege mit Hilfe der von Fourier in der Wärmelehre aufgefundenen Resultate die zwei Grundprobleme der musikalischen Akustik, das der Klangfarbe und das der Konsonanz und Dissonanz mehrerer Töne; auf Grund dieser Vorarbeiten stellte später Helmholtz seine schönen akustischen Untersuchungen an, die er in seiner „Lehre von den Tonempfindungen als physiologischer Grundlage für die Theorie der Musik“ (1862) zusammenfasste. — Cagniard de la Tour (1777—1859, aus Paris) erfand (1819) die Sirene, mit deren Hilfe die Schwingungszahl der Töne bestimmt werden kann. Lissajous erdachte (1855) eine optische Methode, um die Gleichheit der Stimmung zweier senkrecht zu einander schwingender Stimmgabeln zu ermitteln. Der (1877) von Thomas Edison (geb. 1847 zu Milan in Ohio) erfundene Phonograph ermöglicht es, Töne und Tonkombinationen nach Belieben zu reproduzieren. — Die Elektrizität wurde in den Dienst der Akustik gestellt durch das von dem deutschen Lehrer Philipp Reis (1834—1874) im Jahre 1860 erfundene Telephon, das von ihm selbst und andern verbessert, durch den Amerikaner Bell (1877) in eine für die Praxis geeignete Form gebracht und fast gleichzeitig von Hughes und von Lüdte (1878) mit dem Mikrophon versehen wurde.

Auf dem Gebiet der Elektrizität stand zu Beginn des XIX. Jahrhunderts in dem kurz zuvor entdeckten galvanischen Element eine allerdings anfangs inkonstante, immerhin aber be-

züglich der Stromstärke die Reibungselektisiermaschine weit übertreffende Elektrizitätsquelle zu Gebot, welche den Forschern Anthony Carlisle (1768—1840, aus Stillington) und William Nicholson (1753—1815, aus London, Erfinder des nach ihm benannten Aräometers) die Entdeckung der chemischen Wirkung des elektrischen Stroms (Wasserzersetzung 1800), Hans Oersted (1777—1851, aus Rudkjöbing auf Langeland) den Nachweis des Zusammenhangs zwischen Elektrizität und Magnetismus (1819) und André Marie Ampère (1775—1836, aus Lyon) die Entdeckung der von ihm „elektrodynamisch“ genannten Wirkung des Stroms zwischen beweglichen Stromleitern (1820) ermöglichte. F. Arago und Gay-Lussac benutzten die Oersted'sche Entdeckung zur Herstellung des Elektromagneten, Johann Poggendorf (1796—1877 aus Hamburg) und Johann Schweigger (1779 bis 1857, aus Erlangen) zu der des Galvanometers (1821), welches letzteres 1830 von Leopoldo Nobili (1784—1835, aus Trassilico bei Reggio) mit der astatischen Doppelnadel versehen wurde. — Bald wurden auch konstante Elemente hergestellt, so von Grove, Daniell, Bunsen, Meidinger, Leclanché. Schon vorher (1821) war es aber Thomas Seebeck (1770—1831, aus Reval) gelungen, konstante Ströme mit Hilfe der von ihm entdeckten Thermoelektrizität zu erzeugen; letztere fand ihre Anwendung in dem von Nobili 1834 konstruierten, zuerst von Macedonio Melloni (1798 bis 1854, aus Parma) zu Untersuchungen über strahlende Wärme benützten Thermomultiplikator (Thermosäule aus Wismut-Antimonstäbchen mit Galvanometer).

Michael Faraday (1791—1867, aus Newington Butts bei London, ursprünglich Buchbinder) beobachtete 1831 die Magnetinduktion, die der Pariser Mechaniker Pixii und der Londoner Professor Ritchie ziemlich gleichzeitig (1832) in der Konstruktion einer magnet-elektrischen Maschine praktisch verwerteten; letztere wurde u. a. von Saxton verbessert, der zum Zweck der Gleichrichtung der erzeugten Wechselströme einen Kommutator anbrachte. Diese Maschinen wurden indes verdrängt durch die dynamo-elektrischen Maschinen, deren Prinzip, die Wechselwirkung und gegenseitige Steigerung von Elektrizität und Magnetismus in demselben Apparat, 1866 von Werner Siemens (geb. 1816 zu Leuthe bei Hannover) aufgefunden worden war; der Belgier Zénobe Théophile Gramme wendete das Siemenssche Prinzip 1871 auf den von Antonio Pacinotti (aus Florenz) 1860 erfundenen ringförmigen Induktor an und stellte so die Grundform der

heutigen, im Aufbau und in der Zusammensetzung ausserordentlich mannigfaltigen Dynamomaschinen her. Die verhältnismässig billige und bequeme Gewinnung von Elektrizität mittelst solcher Maschinen ermöglichten in der neuesten Zeit eine grossartige technische Verwendung dieser Naturkraft sowohl zur Uebertragung und Verteilung mechanischer Kraft auf Arbeitsmaschinen aller Art (erste elektrische Bahn von Siemens und Halske 1879), als zur Elektrolyse und zur Lichterzeugung.

Die Grundgesetze der Elektrolyse wurden (1833) durch Faraday aufgestellt; ihre Theorie wurde in neuerer Zeit (1887) besonders durch Clausius und durch Arrhenius, welche im Elektrolyten freie Ionen annehmen, weiter ausgebildet. Die Elektrolyse findet heute eine immer wachsende und verbesserte Anwendung in der Galvanoplastik (erfunden von Moritz Hermann Jacobi, 1801 bis 1874, aus Potsdam), in der Metallurgie (Gewinnung und Reinigung vieler Metalle), in der chemischen Industrie, der Gerberei, Färberei, Bleicherei u. s. w. — Der elektrische Lichtbogen wurde zuerst 1821 von Humphrey Davy (1778 bis 1829, aus Penzance) beobachtet, der zu seiner Herstellung 2000 Voltasche Elemente verwendete. Foucault in Verbindung mit dem Mechaniker Dubosq regulierte (1858) die Entfernung der Kohlenspitzen durch Uhrwerke, während sie Paul Jablochhoff (1847—94) in seiner elektrischen „Kerze“ konstant hielt; im allgemeinen Gebrauch ist heutzutage die von Hefner von Alteneck zuerst angegebene, von Siemens und Halske konstruierte Differentiallampe (Regulierung durch Solenoide).

Der erste elektromagnetische Telegraph wurde 1833 durch Gauss und W. Weber in Göttingen hergestellt und 1836 bis 1838 durch Steinheil in München vervollkommenet, wobei die Erde als Rückleiter eingeführt wurde. Der Schreibtelegraph wurde 1837 von dem Amerikaner Morse (1791—1872) erfunden, der Typendrucktelegraph 1857 durch den Amerikaner Hughes. Das erste überseeische Kabel wurde 1866 zwischen England und Amerika gelegt.

Aus der Geschichte der elektrischen und magnetischen Theorie ist zunächst zu erwähnen die Aufstellung des von Ohm mit Hilfe der Thermoelektrizität gefundenen und nach ihm benannten Gesetzes; Siméon-Denis Poisson (1781 bis 1842, aus Pithiviers) legte 1824 den Grund zur Theorie des inducierten Magnetismus. In den nächsten Jahrzehnten wurde die Theorie der magnetischen und elektrischen Kräfte weiter entwickelt durch die Einführung der Potentialtheorie,

die wir George Green (1793—1841, aus Nottingham) und Gauss verdanken, ferner durch die Anwendung der absoluten Masse auf magnetische und elektrische Grössen, welche ebenfalls Gauss in Verbindung mit Wilh. Weber (1804—1891, aus Wittenberg) lehrte, sowie durch die verschiedenen Arbeiten von Franz Neumann (1798—1895, aus der Uckermark), von Helmholtz, Kirchhoff, W. Thomson u. a. Besonders wichtig ist die Lehre von J. Clerk Maxwell geworden, der im Gegensatz zu der vor seiner Zeit herrschenden Hypothese von der Fernwirkung der elektromagnetischen Kräfte die Vorstellung von Faraday, dass letztere von Teilchen zu Teilchen fortgepflanzt werden, auf mathematischem Wege zu der nach ihm benannten Theorie entwickelte. In letzterer ist u. a. nachgewiesen, dass die Transversalschwingungen des Aethers auch bei der Fortpflanzung des Lichtes elektrischer Natur sind; besonders infolge der von Heinrich Hertz (1857 bis 1894, aus Hamburg) im Jahre 1888 angestellten Wellenversuche hat dieselbe denn auch heutzutage das Uebergewicht über die ältere Theorie erlangt.

4. Chemie.

Selten oder nie hat sich eine Wissenschaft so rasch entwickelt, wie die Chemie im XIX. Jahrhundert. Neben einer fast unübersehbaren Menge von einzelnen Entdeckungen, die zum Teil in der Praxis ausgedehnte Verwendung fanden, ging die Ausbildung der chemischen Theorie her; zur Erleichterung des Verständnisses schicken wir eine gedrängte Uebersicht über den Entwicklungsgang der letzteren voraus.

Den Ausgangspunkt bildete Daltons Atomtheorie; diese war gegründet auf das Gesetz der multiplen Proportionen, wurde gefördert durch das Gay-Lussacsche Volumgesetz und das Avogadrosche Molekulargesetz, weiter ausgebildet durch die Arbeiten von Berzelius, besonders dessen Sauerstoffgesetz ($O = 100$) und gestützt durch das Dulong-Petitsche Gesetz über die Atomwärme und die Mitscherlichsche Lehre von der Isomorphie. — Während mit diesen Gesetzen hauptsächlich die numerischen Verhältnisse erklärt werden sollten, in denen die Elemente zu Verbindungen zusammentreten, suchte Berzelius die Ursache der chemischen Vorgänge zunächst auf anorganischem Gebiet aufzudecken durch seine elektrochemische Theorie, welche notwendig zu einem vollständig dualistischen System führen

musste, was ums Jahr 1820 auch thatsächlich eingetreten war (Gegenüberstellung der elektronegativen Elemente, zu denen in erster Linie der Sauerstoff gehört, und der elektropositiven, der Metalle). Diese dualistische Betrachtungsweise wurde auch auf die organische Chemie übertragen.

In letzterer hatte besonders die in das dritte Jahrzehnt fallende Entdeckung von Isomerien Anregung zu den ersten Versuchen einer Erforschung der Atomgruppierungen gegeben und so in den dreissiger Jahren zur Aufstellung der hauptsächlich durch Berzelius, Liebig und Wöhler begründeten älteren Radikaltheorie geführt, welche, wenigstens nach der Anschauung von Berzelius, die Unveränderlichkeit der Radikale und die Unmöglichkeit des Eingehens elektronegativer Elemente in die Radikale annahm. Die Untersuchung gewisser durch Substitution erzeugter organischer Körper that aber bald die Unhaltbarkeit dieser Annahme dar und führte zunächst zu Laurents Kerntheorie (1836) und weiterhin zu der besser begründeten älteren Typentheorie von Dumas (1839), die an Stelle der dualistischen Auffassung der Verbindungen eine unitarische setzen wollten. — Jedoch stellte es sich bald heraus, dass man, zunächst wenigstens, für das Studium der Konstitution der organischen Verbindungen den durch die Typentheorie beseitigten Begriff der Radikale nicht entbehren könne, und so entstand im Lauf der vierziger Jahre durch Verschmelzung der Radikaltheorie mit der älteren Typentheorie die durch Laurent und Gerhardt gegründete neuere Typentheorie, in der die Radikale als veränderliche Atomkomplexe aufgefasst und die Begriffe Atom-, Molekular- und Aequivalentgewicht scharf getrennt wurden. — Da nun aber die Einfügung sämtlicher organischer Verbindungen in die angenommenen vier Typen zum „leeren Formelspiel“ zu werden drohte, so war in den fünfziger Jahren Kolbe bestrebt, die formalen Typen durch reale zu ersetzen, die mit den daraus abgeleiteten Verbindungen in einem natürlichen Zusammenhang stehen sollten; er hat so die ältere Radikaltheorie wesentlich vertieft. — Den letzten Schritt in dieser Entwicklungsreihe that endlich Frankland durch die Aufstellung der Lehre von der Valenz der Elemente; hiemit war auch die Typentheorie gegenstandslos geworden und die chemisch-theoretischen Bestrebungen der ersten sechs Jahrzehnte des XIX. Jahrhunderts hatten einen gewissen Abschluss gefunden. Die Valenzlehre und die sich an letztere unmittelbar anschliessende Strukturlehre, zu der Kekulé und Couper den Grund legten, bildete in den letzten drei Jahrzehnten den Ausgangspunkt für die

theoretische Betrachtung der chemischen Konstitution sämtlicher anorganischen und organischen Körper.

An vorstehende Uebersicht über die Entwicklung der Theorie mag sich nunmehr eine kurze, im wesentlichen chronologische Darstellung der Geschichte der Chemie im XIX. Jahrhundert anreihen.

Schon im ersten Jahrzehnt vermochte John Dalton (1766 bis 1844, aus Eaglesfield in Cumberland) auf Grund der Vorarbeiten Richters und Prousts das Gesetz der multiplen Proportionen aufzufinden und seine Atomtheorie (Vereinigung der Atome verschiedener Elemente nach einfachen Zahlenverhältnissen) aufzustellen, sowie den Versuch zu machen, eine Tabelle von „relativen Atomgewichten“ zu entwerfen. Durch Thomas Thomsens (1773—1852) Untersuchungen über die Kalisalze der Oxalsäure, und durch W. Wollastons (1766—1828) Vergleichung der kohlen sauren Kalisalze wurde das Gesetz der multiplen Proportionen auch für Salze nachgewiesen. Gay-Lussac (1778—1850, aus St. Léonard in Limousin) hat durch sein das Boyle-Mariotte'sche Gesetz ergänzendes Volumgesetz die Entwicklung der Atomlehre bedeutend gefördert; er hat zuerst den Begriff des „zusammengesetzten Radikals“ (beim Cyan) aufgestellt, wie er auch die technisch so wichtig gewordene Titrimethode begründet hat. Amadeo Avogadro (1776—1856) führte den Begriff des Moleküls ein und sprach den Satz aus, dass in gleichen Raumteilen verschiedener Gase oder Dämpfe eine gleiche Anzahl von Molekülen enthalten sei.

Davy stellte zuerst eine elektro-chemische Theorie auf und wurde in dieser Beziehung der Vorläufer von Berzelius. Er ist auch der Erfinder der Sicherheitslampe (1815); er wies die einfache Natur des vorher für zusammengesetzt gehaltenen Chlors, sowie die Existenz von sauerstofffreien Säuren nach; er entdeckte (1807) die Alkali- und Erdalkalimetalle, die er mit Hilfe des elektrischen Stroms isolierte. — Jacob Berzelius (1779—1848, aus Westerlösa in Schweden) ging bei der dualistischen Theorie, die er im folgenden Jahrzehnt ausbildete und die etwa zwei Jahrzehnte die herrschende blieb, von der Annahme aus, dass die Atome elektrische Polarität besitzen, und dass demnach die chemische Vereinigung von Elementen oder Verbindungen in der Anziehung ungleichnamiger Pole der kleinsten Teile und dem nachfolgenden Ausgleich der verschiedenen Elektrizitäten bestehe. Berzelius, der besonders auch für die mineralogische und physiologische Chemie von grösster Bedeutung geworden

ist, hat den Ausbau der Atomlehre als seine Lebensaufgabe betrachtet; so hat er in den Jahren 1812—16 mit der seine Untersuchungen auszeichnenden Genauigkeit die Oxydationsstufen der damals bekannten Metalle und Metalloide untersucht, das Gesetz der multiplen Proportionen bestätigt und (1811) sogar auf die organischen Verbindungen ausgedehnt. Seine Atomgewichte pflegte er auf Sauerstoff (= 100) zu beziehen; letzteren betrachtete er als den „Angelpunkt der Chemie“. Ein grosses Verdienst von Berzelius ist es ferner, eine rationelle chemische Zeichensprache geschaffen zu haben.

Im Jahre 1819, in dem Berzelius eine ausführliche Darstellung seiner elektrochemischen Theorie gab, wurden zwei für die Atomgewichtslehre wichtige Entdeckungen gemacht. Die eine von Dulong und Petit bezüglich der Atomwärme, welche bei allen Elementen als gleich gross erkannt wurde; die andere, von Eilhard Mitscherlich (1794—1863, aus dem Oldenburgischen), bezog sich auf den Zusammenhang zwischen gleicher Kristallgestalt und analoger Konstitution und hatte die Lehre von der Isomorphie zur Folge. Berzelius benützte Mitscherlichs Entdeckung mit Vorliebe zur Bestimmung und Prüfung der relativen Atomgewichte; aus dem Dulong-Petit'schen Gesetz dagegen ergab sich, dass mehrere von Berzelius aufgestellte Atomgewichte halbiert werden mussten.

Nachdem das Kalium und Natrium als Elemente anerkannt waren (etwa von 1811 an), und nachdem durch die Versuche von Davy, Gay-Lussac und Thénard auch Chlor, Jod und Fluor als sauerstofffreie Elemente nachgewiesen waren, konnte man sich der Einsicht nicht mehr verschliessen, dass es auch sauerstofffreie Säuren gebe, und Berzelius selbst musste dies zuletzt, besonders gedrängt durch das Resultat seiner Untersuchungen über die Ferrocyan- und Rhodanverbindungen zugeben. Jedoch kamen die hauptsächlich von Davy und Dulong gemachten Anfänge der Wasserstoffsäurentheorie erst mehrere Jahrzehnte später zur Entwicklung; für den Augenblick blieb die dualistische Auffassung der Säuren und Salze noch vorherrschend. — Später wurde die ältere Säuretheorie auch noch nach einer andern Richtung hin erschüttert. Man hatte nämlich angenommen, dass 1 Atom Metalloxyd 1 Atom Metall und 1 Atom Sauerstoff enthalte und sich mit 1 Atom Säure zu einem neutralen Salz verbinde; durch Thomas Graham (1805—1869, aus Glasgow) wurde nun aber nachgewiesen, dass in der Phosphorsäure 3, 2 und 1 Atome

„basischen Wassers“ enthalten seien, die durch „Metalloxyde“ vertretbar sind; Liebig (s. u.) hat dann Analoges für Citronensäure, Weinsäure u. dgl. gezeigt und konnte auf Grund dessen seine Theorie der mehrbasischen Säuren aufstellen.

Die organische Chemie entwickelte sich im zweiten und dritten, besonders aber im vierten Jahrzehnt in so bedeutender Weise, dass sie auf die Theorie der anorganischen Chemie, aus der sie herausgewachsen war, befruchtend und berichtigend zurückwirken konnte. Berzelius nahm zunächst an, dass auch die organischen Körper, wie die anorganischen, binär gegliedert seien, nur dass sie an Stelle der Elemente zusammengesetzte Radikale enthalten. Als sodann in den zwanziger Jahren zahlreiche Fälle von Isomerien (gleiche Zusammensetzung bei verschiedenen Eigenschaften) bekannt wurden, bildete sich besonders infolge der Untersuchungen von Gay-Lussac über das Cyan und derjenigen von Liebig und Wöhler über das Benzoyl eine eigentliche Radikaltheorie heraus, so dass Liebig und Dumas (1837) die organische Chemie als „Chemie der zusammengesetzten Radikale“ definierten. Es sind überhaupt die letztgenannten drei Forscher, die sich in den zwanziger und dreissiger Jahren um die Weiterentwicklung der organischen Chemie besonders verdient gemacht haben. Justus Liebig (1803—1873, aus Darmstadt) hat nicht nur in der theoretischen Chemie, sondern auch in deren Anwendung auf Landwirtschaft, Physiologie (speziell Ernährungslehre) und Pathologie anregend und befruchtend gewirkt. — Friedrich Wöhler (1800—1882, aus Eschersheim bei Frankfurt a. M.), der vertraute Freund Liebig's, hat seine Untersuchungen fast über die ganze unorganische Chemie ausgedehnt, ausserdem aber auch wichtige Gebiete der organischen Chemie erschlossen (Untersuchung der Cyansäure und ihrer Salze; Entdeckung des Harnstoffs; erste Synthese eines organischen Körpers). — Jean Baptiste Dumas (1800—1884, aus Alais) hat sich teils durch Ausarbeitung allgemeiner Methoden (Dampfdichte-, Stickstoffbestimmung), teils durch spezielle Forschungen auf dem Gebiet der organischen Chemie (Holzgeist, Trichloressigsäure) hervorgethan.

Die dualistische, elektrochemische Lehre von Berzelius, welche die Radikale als unveränderliche Atomkomplexe ansah, musste durch die vielfach erwiesene Thatsache erschüttert werden, dass in letzteren elektropositive Elemente wie Wasserstoff durch negative, wie Chlor, Sauerstoff u. a. ersetzt werden können. Dumas suchte diese

Thatsachen in seinen Substitutionsregeln zusammenzufassen (1835) und sein Landsmann Auguste Laurent (1807—1855, aus La Folie bei Langres) bildete diese Regeln zu einer eigentlichen Substitutionstheorie, der „Kerntheorie“ (mit einfachen und abgeleiteten Kernen, radicaux), aus (1836), deren Mittelpunkt der Satz ist, dass der Bau und chemische Charakter der organischen Verbindungen nach dem Ersatz von Wasserstoff durch Chlor im wesentlichen unverändert bleibt. — Auf einer ähnlichen Auffassung beruht die ältere von Dumas (1839) besonders auf Grund des Verhaltens der Trichloressigsäure aufgestellte Typentheorie, welche chemische und mechanische Typen (erstere mit ähnlichen Grundeigenschaften, letztere alle durch äquivalente Substitution entstandene Verbindungen umfassend) unterschied und die (einseitig) unitarische Auffassung an Stelle der (einseitig) dualistischen setzte, damit aber auch den Zusammenhang der organischen und der anorganischen Körper zerstörte.

In den vierziger Jahren wurde durch Laurent und Karl Gerhardt (1816—1856, aus Strassburg), sowie durch G. A. Wurtz (1817—1884, aus Strassburg, Professor in Paris), Aug. Wilh. Hofmann (1818—1892, aus Giessen), A. W. Williamson (geb. 1824) die ältere Typenlehre mit der Radikaltheorie zur neueren Typenlehre verschmolzen. Gerhardt ersetzte die Berzelius'schen Radikale durch die veränderlichen, in freiem Zustand nicht existierenden (von ihm so genannten) „Reste“ (résidus); Laurent setzte unter Zugrundlegung von Avogadros' Hypothese den heute noch gültigen Unterschied zwischen Molekular-, Atom- und Äquivalentgewicht fest, wenn auch Gmelins „Verbindungsgewichte“ zunächst noch die Oberhand behielten. Nach der Entdeckung der organischen Abkömmlinge des Ammoniaks durch Wurtz und Hofmann, nach Aufstellung des Wassertypus durch Williamson und nach Aufstellung des Begriffs der Homologie durch Schiel konnte Gerhardt den Versuch machen, sämtliche organische Körper in den vier „Typen“ Wasser, Ammoniak, Wasserstoff und Chlorwasserstoff unterzubringen, womit er aber durchaus nicht die Art der Gruppierung der Atome bezeichnen wollte. August Kekulé (1829—1896 aus Darmstadt) fügte (1857) einerseits noch das Grubengas als Typus hinzu, andererseits erweiterte er die Typentheorie durch Annahme von gemischten Typen, nachdem Williamson schon zuvor einzelne Verbindungen von vervielfachten oder kondensierten Typen abgeleitet hatte.

Während die Typentheorie zunächst nur eine schematische Auffassung darstellte, suchte Hermann Kolbe (1818 bis 1884, aus Elliehausen bei Göttingen) in die eigentliche Konstitution der organischen Körper einzudringen und an Stelle der formalen Typen reale Typen zu setzen. Er knüpfte in einem gewissen Gegensatz gegen die Typentheorie wieder an die Radikaltheorie an, beseitigte aber deren Schwächen, insbesondere die Unveränderlichkeit der Radikale, drang schliesslich über das organische Gebiet hinaus und kam (1859) zu dem Satz: „Die organischen Körper sind durchweg Abkömmlinge anorganischer Verbindungen und aus diesen, zum Teil direkt, durch wunderbar einfache Substitutionsprozesse erhalten.“ Auf Grund dieser Auffassung gelang es ihm u. a., die Existenz von sekundären und tertiären Alkoholen vorherzusagen, die dann wenige Jahre nachher erwiesen wurde (Friedel 1862 sekundärer Propylalkohol, Butlerow 1864 tertiärer Butylalkohol). — In anderer Beziehung hat Edward Frankland (geb. 1825, Professor in Manchester und London) die neueste Phase der chemischen Theorie vorbereitet, indem er die Lehre von der Sättigungskapazität (Valenz) der Grundstoffe, und zwar merkwürdigerweise aus einer Untersuchung organischer Körper, welche Metalle enthielten, ableitete (1853), während für die Valenz der anorganischen Körper in dem Satz von den multiplen Proportionen schon ein gewisser Anhaltspunkt gegeben war. Die Valenzlehre ist die Grundlage der heutigen chemischen Theorien geworden, wenn auch bezüglich einzelner Punkte noch Meinungsverschiedenheit herrscht, z. B. über die Frage, ob die Valenz eine konstante oder je nach den Bedingungen wechselnde sei; durch die Valenzlehre ist auch die Typentheorie gegenstandslos gemacht worden, indem die „Typen“ eben nur noch als Wasserstoffverbindungen von 1, 2, 3 oder 4 wertigen Elementen erscheinen.

Jetzt konnte die Strukturlehre in Angriff genommen werden; dies geschah (1858) durch Kekulé und durch Couper, sodann durch Alexander Butlerow (geb. 1828), der zuerst die chemische Struktur als „Art und Weise der gegenseitigen Bindung der Atome in einem Molekül“ definiert, dabei aber ausdrücklich betont, dass mit der „Struktur“ über die räumliche Lagerung der Atome durchaus nichts ausgesagt werden soll. Die Strukturtheorie wurde in den letzten Jahrzehnten immer weiter ausgebildet; besonders vielfach studiert wurden die zahlreichen, aromatischen Verbindungen, die von Kekulé als „Abkömmlinge des Benzols“ definiert und aus seinem bekannten „Kohlenstoffsechseck“

(von Ladenburg aus seiner „Prismaformel“, von Claus aus der „Diagonalformel“) abgeleitet wurden. Wenn auch über viele Punkte, z. B. über die Deutung der Isomerien, noch keine Uebereinstimmung erzielt ist, so kann doch gesagt werden, dass diese Theorie zu einer Menge chemischer Entdeckungen Veranlassung gegeben und es ermöglicht hat, eine grosse Anzahl organischer Körper (z. B. vegetabilische Säuren, Farbstoffe u. dgl.) aus einfacheren Verbindungen zusammenzusetzen. Umgekehrt haben diese Synthesen dann wieder auf die Konstitution der gewonnenen Körper ein klareres Licht geworfen und somit die in den letzten Jahrzehnten ausserordentlich entwickelte und durch zahlreiche spezifische Reaktionen verfeinerte analytische Methode in glücklichster Weise ergänzt. Dagegen ist die Erforschung der anorganischen Körper, namentlich was die verwickelteren Fälle betrifft, noch nicht so weit gediehen, als die der organischen.

Von besonderer Wichtigkeit für die Systematik der Elemente ist die Untersuchung der Beziehungen geworden, welche zwischen dem physikalisch-chemischen Verhalten derselben einerseits und ihrem Atomgewicht andererseits bestehen. Im Jahre 1864 stellten Lothar Meyer (1830—1895 aus Varel a. d. Jade) und Newlands, später auch Mendelejeff ein „natürliches System“ der Elemente auf, indem sie letztere in „Perioden“ und in „natürliche Familien“ gruppierten; dieses System konnte nicht nur zur Berichtigung und Ableitung einzelner Atomgewichte benützt werden, sondern auch zur Vorhersagung der Existenz gewisser noch unbekannter Elemente, eine Prognose, die durch die Entdeckung des Galliums, Skandiums und Germaniums ihre glänzende Bestätigung fand.

Ueberhaupt ist in den letzten Jahrzehnten dem Grenzgebiet zwischen Chemie und Physik eine immer erhöhte Beachtung geschenkt worden, und die Chemie hat aus den ihr von der neueren Physik gebotenen Hilfsmitteln und Methoden reichen Nutzen gezogen. So haben z. B. die Spektralanalyse, die Dampfdichtebestimmungen, der Nachweis der Beziehungen zwischen dem Molekulargewicht und dem Erstarrungspunkt, sowie dem Dampfdruck der Lösungen, der zuerst durch Raoult und de Coppet in bestimmter Form geliefert wurde, überhaupt die Untersuchung der physikalischen Eigenschaften der Lösungen (ihres elektrischen Leitungsvermögens, ihres osmotischen Druckes u. dgl.) einen deutlichen Zusammenhang zwischen den optischen, elektrischen, thermischen Eigenschaften der Körper und ihrer chemi-

schen Konstitution ergeben. Besonders interessant erscheint die seit etwa 10 Jahren von v. Hoff, Arrhenius, Ostwald u. a. in Angriff genommene Theorie der Lösungen, die auf der Anschauung beruht, dass in höchst verdünnten Lösungen die Stoffe einen gasähnlichen Zustand annehmen, und die damit zusammenhängende Theorie der elektrolytischen Dissociation. Schon sind auch (von Crookes) Versuche gemacht worden, die Entstehung sämtlicher Elemente aus einer Urmaterie, dem „Protyl“, durch Kondensation zu erklären; ob und inwieweit diese die weiteste Perspektive für die Wissenschaft eröffnende Theorie ihre Bestätigung finden wird, muss die Zukunft lehren.

Unter den überaus zahlreichen Fortschritten auf dem Gebiet der praktischen Chemie, welche im XIX. Jahrhundert gemacht worden sind, seien ausser den gelegentlich bereits erwähnten nur noch folgende hervorgehoben. Die Gärungschemie hat sich in theoretischer und praktischer Beziehung entwickelt; auf die mechanisch-chemische Gärungstheorie Liebig's folgte die besonders durch die Versuche von Louis Pasteur (1822—1895, aus Dôle, Dép. Jura) geförderte vitalistische Theorie, während Nägeli's Erklärungsversuch gewissermassen eine Vermittlung zwischen beiden bildete. — Das Studium der Fäulniserscheinungen hat zur Entdeckung der Ptomaine („Leichenalkaloide“) geführt. — Die Photochemie hat die Photographie zu Tage gefördert, anfangs (Ende der dreissiger Jahre) als „Daguerrotypie“, erfunden von Daguerre und Niépce, später von Talbot durch Einführung des lichtempfindlichen Papiers an Stelle der jodierten Silberplatten Daguerres vervollkommenet und heutzutage infolge der Anwendung von stark lichtempfindlichen Platten (Bromgelatine u. dgl.), überhaupt des sogenannten Trockenverfahrens in grossartiger Weise entwickelt.

Die Fortschritte der theoretischen Chemie haben auch die weitgehendste Ausbildung der chemischen Technologie und Grossindustrie zur Folge gehabt; es sei beispielsweise nur erinnert an die in so hoher Blüte stehende Metallurgie, an die Fabrikation der Explosivkörper (Nitroverbindungen, seit 1888 durch „Gelatinieren“ auch für Feuerwaffen geeignet gemacht), der Zündstoffe („chemische Feuerzeuge“ 1807, Phosphorzündhölzer ca. 1833 durch Romer in Wien, Moldenhauer in Darmstadt hergestellt, nach Entdeckung des amorphen Phosphors bedeutend verbessert), an die Rübenzuckerindustrie, an die Papierfabrikation, die Seifenfabrikation, die Leuchtgasfabrikation, an die Herstellung der mannigfaltigen Anilin- und sonstigen Teerfarbstoffe u. s. w.

5. Medizin.

In der Medizin ist charakteristisch für das XIX. Jahrhundert, dass die Kenntniss der einzelnen Vorgänge im gesunden und im kranken Körper ausserordentlich gefördert worden ist, was auch auf diesem Gebiet die Entstehung des Spezialistentums mit all seinen Vorzügen und Nachteilen zur Folge gehabt hat; dass infolge dessen die meisten früheren umfassenden Hypothesen über Ursache und Wesen der Lebens- und Krankheitserscheinungen hinfällig geworden sind, ohne dass es aber bis jetzt gelungen wäre, dieselben durch gleich allgemeine, nachweisbar richtige Theorien zu ersetzen. Im Zusammenhang damit steht wohl auch, dass die Therapie noch nicht ebenso bedeutende Fortschritte gemacht hat, wie dies bei den übrigen Zweigen der Medizin in den letzten Jahrzehnten der Fall gewesen ist, dass sich vielmehr hier auch heute noch die entgegengesetztesten Anschauungen in Theorie und Praxis geltend machen.

Von grösster Bedeutung für die Medizin sind die ausserordentlich raschen Fortschritte der übrigen Naturwissenschaften geworden. So hat die Zoologie der Anatomie und der Entwicklungsgeschichte, aber auch der Pathologie und selbst der Therapie (z. B. bezüglich der tierischen Parasiten) Nutzen gebracht. Die Botanik hat der Medizin grosse Dienste geleistet, allerdings weniger durch die Auffindung neuer offizineller Gewächse, als durch die an die Namen von Louis Pasteur und Robert Koch geknüpfte Auffindung der pathogenen pflanzlichen Mikroben. Den mächtigsten und mannigfaltigsten Einfluss aber haben die moderne Physik und Chemie auf die Entwicklung der Medizin, besonders der Physiologie und Pathologie, aber auch der Diagnostik und Therapie ausgeübt.

Wenn sich die Medizin im XIX. Jahrhundert auch vorwiegend der analytischen Methode zugewendet hat, so fehlte es ihr doch andererseits nicht an Theorien, die, zum grossen Teil auf den Lehren früherer Zeiten fussend, sehr verschiedenartig und meist auch nur von kurzer Dauer waren, wie dies bei dem heute noch bestehenden Mangel an Einsicht in die Endursache und Kräfte des Lebens begreiflich ist. Es möge erwähnt werden die Erregungstheorie von Joh. Andreas Röschlaub (1768—1835, aus Lichtenfels bei Bamberg), der den Brown'schen Begriff der „Reizbarkeit“, auf dem das Leben beruhen soll, dem Organismus als selbständiges Vermögen zuschrieb. Röschlaub war einer der ersten in Deutschland,

welche lehrten, dass Krankheit nicht das „der Gesundheit Entgegengesetzte“ sei, ein Gedanke, der dann später besonders von Henle und Virchow wieder aufgenommen wurde. — Einer der Gegner der Erregungstheorie war der durch seine „Makrobiotik“ bekannt gewordene Chr. Wilh. von Hufeland (1762 bis 1836, aus Langensalza). — In Frankreich wurde die Brownsche Theorie durch François Broussais (1772—1838, aus St. Malo in der Bretagne) unter dem Namen der „physiologischen Medizin“ weiter ausgebildet; in Italien trieb sie den gefährlichen Auswuchs der Theorie vom „Stimolo und Contrastimolo“ des Giovanni Rasori (1763—1837), welche in der Heilpraxis die schädlichsten Folgen hatte. — Von ganz anderen Gesichtspunkten ging die von Friedrich Hahnemann (1755—1843, aus Meissen) gegründete Homöopathie aus, die wenigstens das Verdienst hat, dass sie zu erneuter kritischer Prüfung des überlieferten Arzneimittelschatzes Veranlassung gab; ihr Grundsatz ist, Krankheiten durch stark verdünnte Mittel zu heilen, welche ähnliche Krankheiten am gesunden Körper hervorrufen; eine extreme Abart der Homöopathie ist die Isopathie. — Ähnlich wie die Homöopathie gewann auch die Kranioskopie (von ihrem Schöpfer Gall Organologie, von dessen Schüler Spurzheim Phrenologie genannt) in der Laienwelt viele Anhänger. Franz Joseph Gall (1757—1828, aus Tiefenbronn bei Pforzheim), der sich speziell um Gehirnanatomie verdient gemacht hatte, ging von dem an sich richtigen Gesichtspunkte der Lokalisierung der einzelnen geistigen Kräfte im Gehirn aus; sein System war aber auf ungenügenden Beobachtungen aufgebaut und schon infolge des unberechtigten Schlusses von der Form der Schädeldecke auf die Beschaffenheit des Gehirns verfehlt.

Den grössten Einfluss auf die Entwicklung der Medizin im Laufe des XIX. Jahrhunderts hat die französische pathologisch - anatomisch - diagnostische Schule ausgeübt, welche den Schwerpunkt der Behandlung des Kranken in die Aufsuchung lokaler pathologisch - anatomischer Veränderungen (Auskultation und Perkussion) und in die Erforschung lokaler Krankheitsprodukte legte, dagegen, anfangs wenigstens, die Krankheiten der Körpersäfte und die funktionellen Störungen nicht genügend berücksichtigte. Es wurde auf diese Weise zwar die Kenntniss der Körperversänderungen durch Krankheiten bedeutend gefördert; aber den Krankheitsvorgang selbst, ebenso die Aetiologie und längere Zeit auch die Prophylaxe, sowie die Hygiene wurden vernach-

lässigt. Auch die Physiologie und mikroskopische Anatomie wurden von dieser Schule erst später in Betracht gezogen. Vorläufer dieser Richtung sind Bichat und Pinel, ihre eigentlichen Begründer Corvisart, Dupuytren und Laënnec, der Erfinder des Stethoskops; wohl ihr bedeutendster Vertreter ist M. Gabr. Andral (1797—1851, aus Paris), der Schöpfer der Hämatochemie, der sich wieder mehr der chemisch-physiologischen Richtung zuwandte. Letzteres gilt auch von François Magendie (1783—1855, aus Bordeaux), dem Schöpfer der experimentellen Pathologie und Pharmakodynamik, der besonders die Alkaloide studierte. P. Ch. A. Louis (geb. 1785) ist zu erwähnen als der erste, der die „numerische Methode“ für die Pathologie benutzte.

In England gelang es im XIX. Jahrhundert keinem einzelnen System, dauernd und allgemein festen Fuss zu fassen; speziell der französischen Schule, der die Dubliner nahe kommt, hielt daselbst die seit Harvey mit Vorliebe gepflegte Physiologie das Gleichgewicht. Dagegen hat England eine Reihe von hervorragenden einzelnen Aerzten aufzuweisen; speziell mögen wegen ihrer Verdienste um die Kenntnis des Nervensystems hervorgehoben werden Charles Bell (1774 bis 1842), der nachwies, dass die hinteren Rückenmarkswurzeln der Empfindung, die anderen der Bewegung vorstehen, und Marshall Hall (1790—1833), der (1833) die Reflexerscheinungen entdeckte.

In Deutschland artete die am Anfang des XIX. Jahrhunderts blühende naturphilosophische Schule, die übrigens manche geistreiche Vertreter hatte, wie Oken, Döllinger, Kielmayer, bald in Phantasterei aus und wurde nun zunächst durch die naturhistorische Schule verdrängt, welche im vierten und fünften Jahrzehnt eine Art Uebergang von der systematisierenden Richtung des XVIII. Jahrhunderts zu der positiven wissenschaftlichen Auffassung der Gegenwart bildete. In der Diagnose z. B. brachte sie neben der alten hippokratischen Art schon in bedeutendem Masse die aus Frankreich herübergekommene physikalische und mikroskopische Methode zur Anwendung; das naturgeschichtliche Element tritt hauptsächlich bei der Einteilung der Krankheiten in Klassen, Familien und Arten zu Tage. Ihr Stifter, Johann Lukas Schönlein (1793—1864, aus Bamberg) betrachtete in einer an Paracelsus erinnernden Weise die Krankheit als eine Art selbständigen Wesens, als Parasiten im Organismus, wobei sich letzterer dem ersteren gegenüber im Verteidigungszustand, in „Reaktion“ befindet.

Einer der hervorragendsten Vertreter dieser Schule war Karl Canstatt (1807—1850, aus Regensburg).

Um die Mitte des XIX. Jahrhunderts musste auch in Deutschland die naturhistorische Richtung der französischen pathologisch - anatomisch - diagnostischen weichen; letztere hatte ihre Hauptvertreter zunächst in der neuen Wiener Schule, deren Stifter Joseph Karl Rokitansky (1804—1878, aus Königgrätz) war. Joseph Scoda (1805 bis 1881, aus Pilsen), der im Gegensatz zur französischen Schule die Perkussion dem physikalischen Schallgesetz anpasste, setzte über der Beobachtung des „durch keine Therapie gestörten reinen Verlaufs der Krankheiten“ die praktische Medizin hintan, während Johann von Oppolzer (1808 bis 1871, aus Kratzen in Böhmen) der erste eigentliche Praktiker der Wiener Schule wurde. Ein weiterer hervorragender, gegen frühere Annahmen scharf vorgehender Vertreter dieser Schule war Ferdinand Hebra (1816—1880, aus Brünn), der speziell die Therapie der Hautkrankheiten in ganz neue Bahnen lenkte. — Wie in der französischen Schule trat auch in der neuen Wiener Schule neben der sehr ausgebildeten physikalischen Diagnostik die allgemeine Therapie in den Hintergrund, während eine Reihe von Spezialitäten, vor allem die Augenheilkunde, mit Vorliebe gepflegt wurde.

Von den Vertretern der Wiener Schule unterscheiden sich die der „physiologischen Heilkunde“ (Wilh. Roser, 1817—1888; W. Griesinger, 1817—1867; Karl Aug. Wunderlich, 1815—1877) dadurch, dass sie nicht nur die pathologische Anatomie und die Diagnostik, sondern auch die Physiologie für die Pathologie verwerten, letztere überhaupt nur für eine aus Zweckmässigkeitsgründen abgesondert zu behandelnde Unterabteilung der Physiologie erklären. — Mehr der Definition als der Sache nach unterscheidet sich hievon die Anschauung der besonders durch Fr. G. Jac. Henle (1809 bis 1885, aus Fürth) vertretenen „rationellen Medizin“, welche überhaupt die Verschiedenheit der Physiologie des gesunden und des kranken Menschen in Abrede zieht. — Das Schlussglied dieser ganzen Entwicklungsreihe, das für die heutige Medizin massgebend ist, bildet die von Rudolf Virchow (geb. 1821 zu Schivelbein in Hinterpommern) aufgestellte Cellularpathologie, welche die Histologie auf Physiologie und Pathologie anwendet und den Zusammenhang des tierischen Körpers als eine Art von „gesellschaftlicher Einrichtung“ auffasst, „wo eine Masse einzelner Existenzen aufeinander angewiesen ist, aber so, dass jedes Element für sich eine besondere

Thätigkeit hat“. — Von hervorragender Bedeutung für die Medizin ist auch die Bakteriologie geworden, die im Gegensatz zu den Anschauungen des Hygienikers Max von Pettenkofer (geb. 1818) die Uebertragung der ansteckenden Krankheiten durch Pilze lehrt. An der Spitze der deutschen Bakteriologen steht Robert Koch (geb. 1843 zu Clausthal), der Entdecker des Tuberkel- und des Cholera-bacillus (1882 und 83).

Sehr bedeutende Fortschritte machte im XIX. Jahrhundert die Chirurgie, gestützt auf die nahezu vollständig ausgebaute Anatomie und die Physiologie, sowie auf die Hilfsmittel, welche die übrigen Naturwissenschaften lieferten. In erster Linie kommt hier in Betracht die von Joseph Lister (geb. 1827) eingeführte antiseptische Wundbehandlung, welche durch Karbolsäure und andere chemisch zum grössten Teil dem Phenol nahestehende Körper die Fäulniserreger in der Wunde zerstört; ferner die Anwendung der anästhesierenden Mittel (Chloroform, Aether, Chloral u. s. w.), sowie einer grossen Anzahl von Instrumenten, die teils zur Untersuchung der kranken Körperteile (Augenspiegel von Helmholtz, Kehlkopfspiegel von Senn, Bruns u. a.), teils zur Ausführung der Operationen selbst dienen. Bei letzteren wird im Gegensatz zu früheren Zeiten mehr die Erhaltung, als die Beseitigung kranker Körperteile angestrebt.

Speziell mögen noch die Fortschritte der Irrenheilkunde erwähnt werden, die am Anfange des XIX. Jahrhunderts, wie in Frankreich durch Pinel, so in Deutschland durch Joh. Gottf. Langermann (1768—1832, aus Maxen bei Dresden) in neue, humanere Bahnen gelenkt wurde.

6. Zoologie.

Die Fortschritte der Zoologie während der ersten Hälfte des XIX. Jahrhunderts, die übrigens durch die Bestrebungen der Naturphilosophie mehr gehemmt als gefördert wurde, geben sich besonders in drei Punkten kund: in der Typenlehre, der Entwicklungsgeschichte und der Zellentheorie.

Den Systematikern der zweiten Hälfte des XVIII. Jahrhunderts hatte man es zu verdanken, dass man über die Tierwelt der Erde eine gewisse, freilich künstlich zu nennende, weil nur auf einzelne Merkmale gegründete, Uebersicht erhielt; dagegen war die Art und Gesetzmässigkeit des inneren Zusammenhangs derselben noch nicht aufgeklärt. Weitere Fortschritte

in dieser Beziehung hat besonders Georges Cuvier (1769 bis 1832, aus Mömpelgard, Zögling der Karlsschule in Stuttgart) angebahnt. Dieser stellte auf Grund seiner anatomischen Untersuchungen in richtiger Erkenntnis der Ungleichartigkeit und Einseitigkeit des Linné'schen Systems vier „Baupläne“ auf, indem er die gesamte Tierwelt in die vier Gruppen der Wirbeltiere, der Gliedertiere, der Weichtiere und der Strahltiere einordnete, eine Einteilung, aus der die heute übliche in sieben Kreise hervorgegangen ist. Das von Cuvier aufgefundene wichtige Gesetz von der Wechselbeziehung (Korrelation) der verschiedenen Teile eines Tieres setzte ihn in den Stand, aus einzelnen Bruchstücken fossiler Tiere auf den Bau des ganzen Tieres Schlüsse zu ziehen, die in späteren Funden mehrfach ihre Bestätigung fanden. — Cuviers älterer Zeitgenosse Jean Bapt. Lamarck (1744—1829, aus Barantin in der Picardie), der schon gegen das Ende des XVIII. Jahrhunderts (1797) die Tiere in Wirbeltiere und wirbellose Tiere eingeteilt hatte, entwickelte i. J. 1801 die Grundzüge der Descendenztheorie, blieb aber damals unbeachtet; Etienne Geoffroy St. Hilaire (1772 bis 1844, aus Etampes) versuchte 1830 die Lamarck'sche Lehre Cuvier gegenüber in der Akademie zu verteidigen, unterlag aber, da ihm das notwendige Beweismaterial noch nicht zu Gebot stand.

Die Entwicklungsgeschichte wurde besonders durch Karl Ernst von Baer (1792—1856, aus Esthland) gefördert, der zunächst am Vogelkörper nachwies, dass sich derselbe aus drei Blättern bildet, in die sich die Keimhaut scheidet; Baer dehnte dann aber seine Untersuchungen über den ganzen Kreis der Wirbeltiere aus, so dass er, nachdem seine Resultate durch andere Forscher, z. B. Martin Heinrich Rathke (1793—1860, aus Danzig) ergänzt worden waren, erklären konnte (1827), dass dasselbe Bildungsgesetz für das ganze Tierreich gelte. — Um dieselbe Zeit wurde auch die Furchung des Eis aufgefunden, zunächst am Froschei (Prevost und Dumas 1824), weiterhin an den Eiern der Fische (Rasconi 1836) und zahlreicher Eingeweidewürmer (Siebold 1837).

Wie Schleiden (s. u.) 1838 eine Theorie der Pflanzenzelle aufgestellt hatte, so vereinigte (1839) Theodor Schwann (1810—1882, aus Neuss bei Düsseldorf) die von ihm selbst und andern gemachten Beobachtungen zu einer Theorie der Tierzelle. Er sprach den Grundsatz aus, dass die Zellenbildung das gemeinsame Entwicklungsprinzip für die

verschiedensten Elementarteile der Organismen sei, vergriff sich aber allerdings darin, dass er meinte, Zellen können sich auch ausserhalb anderer schon bestehender Zellen bilden, und es sei dies sogar die gewöhnliche Art der Zellenbildung. Auch bezüglich der Form der tierischen Zelle hat er noch ein zu eng begrenztes Schema aufgestellt. — Die Zellenlehre machte dann rasche Fortschritte, und es wurde bald durch eine Reihe von Forschern nachgewiesen, dass sich das Gewebe des fertigen Tieres aus der Eizelle durch eine ununterbrochene Reihe von Zellbildungen entwickle.

Das Zusammenwirken der Entwicklungsgeschichte und der Zellenlehre mit der Typentheorie brachte die Zoologie wieder um einen Schritt weiter. Während nämlich Cuvier bei der Aufstellung seiner Typen verhältnismässig entwickelte Formen zu Grunde legte, wie dies bei einer anatomisch-physiologischen Betrachtung auch nicht wohl anders sein konnte, ermöglichten es jetzt die nach den oben angedeuteten Richtungen hin gemachten Fortschritte, die entsprechenden Teile der verschiedenen Gruppen angehörigen Tiere auch genetisch zu vergleichen und so die Systematik in eine wissenschaftliche Morphologie überzuführen. Den Grund zu dieser Betrachtungsweise legte der Physiolog Johannes Müller (1801—1858, aus Koblenz), der Begründer der physikalisch-chemischen Richtung in der Physiologie, in seiner Arbeit über die Myxinoiden, „deren Titel nicht ahnen lässt, dass sie den Codex der Morphologie der Wirbeltiere enthält“ (Carus). Ausserdem machte sich in der genannten Hinsicht besonders verdient der Londoner Arzt Richard Owen durch seine Bearbeitung der Wirbeltiere und Lelorgne de Savigny (1778—1851, aus Provins) durch die der wirbellosen Tiere.

Es ist noch besonders hervorzuheben, dass auch die Paläontologie, unter deren ersten Vertretern neben Cuvier und Owen hauptsächlich Louis Agassiz (1807—1873, aus Mottier, Kanton Freiburg) zu nennen ist, teils durch Vermehrung des Formenreichtums, teils durch die von ihr gegebenen geschichtlichen Aufschlüsse die Zoologie gefördert hat, wie andererseits durch wissenschaftliche Reisen, durch Tiefseeforschungen, durch Anlage zoologischer Gärten und zoologischer Stationen besonders die Biologie der Tierwelt und die Zoographie erweitert und berichtigt worden ist.

Nachdem die Systematik der Tierwelt einerseits, ihre Anatomie, Physiologie, Morphologie und Biologie andererseits sich zu einer so bedeutenden Höhe emporgearbeitet hatte, so war

auch in der Zoologie das Stadium erreicht, in dem man sich nicht mehr bei der genauen Kenntniss der Thatsachen und Erscheinungen beruhigte, sondern nach gesetzmässigen Erklärungen der letzteren suchte. Diese Periode, in der wir heute noch stehen, wurde eingeleitet durch das Erscheinen von Darwins Buch: „On the origin of species by means of natural selection“ (1859). Charles Robert Darwin (1809 bis 1882, aus Shrewsbury), ein äusserst gewissenhafter Forscher, suchte die allmähliche Entwicklung der Tierwelt zu erklären mit Hilfe der Veränderlichkeit der Arten einerseits, der Erblichkeit der Eigenschaften andererseits, zwei Grundthatsachen, welche im Kampfe ums Dasein (struggle for life) zu einer natürlichen Zuchtwahl führen. Diese Descendenztheorie wurde in England besonders durch Wallace und Thomas Henry Huxley (1825 bis 1895, aus Ealing bei London), in Deutschland durch Häckel verteidigt, und es wird angenommen werden dürfen, dass ihr heutzutage die meisten Zoologen im grossen und ganzen beistimmen, wenn auch bezüglich der Einzelheiten die Anschauungen noch auseinander gehen. Die Zoologie ist demnach in der Umwandlung aus einer beschreibenden in eine erklärende Wissenschaft begriffen. — Man hat Cuvier wohl schon den Kepler der Zoologie genannt; ihres Newton harret diese Wissenschaft noch.

7. Botanik.

Im Verlauf des XIX. Jahrhunderts ist die Zahl der bekannten Pflanzenarten dank den Bemühungen der Reisenden auf eine beträchtliche Höhe angewachsen; hat doch allein Alexander von Humboldt (1769—1859, aus Berlin) aus dem tropischen Amerika ca. 6000, Robert Brown (1773 bis 1858, aus Montrose) von Australien ca. 4000 neue Arten mitgebracht, während in der Mitte des XVIII. Jahrhunderts überhaupt kaum 8000 Arten bekannt waren. Auf Grund solchen Materials vermochte denn auch A. v. Humboldt zu der Pflanzengeographie den Grund zu legen.

Es war nun in der ersten Hälfte des XIX. Jahrhunderts das Bestreben der Nachfolger Jussieus darauf gerichtet, die Pflanzenfamilien in ähnlicher Weise scharf zu umgrenzen und zu charakterisieren, wie das Linné mit den Gattungen und Arten gethan hatte. Jedoch musste, um dies zu ermöglichen, erst die Morphologie der Gewächse noch um einen Schritt vorwärts gebracht werden; dies that Augustus Pyrame de Candolle (1778—1841, aus Genf), der Verfasser des

grossartigen „*Prodromus systematis naturalis regni vegetabilis*“ (17 Bde.). In seiner *Théorie élémentaire de botanique* (1813) giebt er, allerdings unter ausschliesslicher Berücksichtigung der Phanerogamen, in Form seiner Symmetriellehre eine vergleichende Morphologie, deren wesentliche Punkte auch heute noch gültig sind; besonders weist er nachdrücklich auf den wesentlichen Unterschied hin zwischen den morphologischen Eigenschaften der Gewächse, die auf den Stellungs- und Zahlenverhältnissen der Organe beruhen, und ihrer physikalisch-physiologischen Eigenschaften, welche letztere für die Morphologie wertlos sind. — Noch schärfer und klarer als Jussieu und De Candolle stellte der durch seine zahlreichen monographischen Arbeiten (z. B. über den Blütenbau der Coniferen und Cycadeen) berühmt gewordene englische Botaniker Robert Brown das natürliche System jedem künstlichen gegenüber. — Hauptsächlich infolge des Einflusses, den die Arbeiten der zwei zuletzt genannten Männer ausübten, gewann das Bestreben, das richtige natürliche System zu finden, eine solche Ausdehnung, dass zwischen den Jahren 1825 und 1845 nicht weniger als 24 solcher Systeme aufgestellt wurden, z. B. von Bartling und Endlicher in Deutschland, von Brongniart in Frankreich, Lindley in England. Alle diese Systeme stehen aber mehr oder minder unter der Herrschaft des Dogmas von der Konstanz der Arten; sie halten sich an die fertigen Formen, berücksichtigen also (abgesehen besonders von Robert Brown) die Entwicklungsgeschichte nicht und sie schenken den Kryptogamen nur untergeordnete Aufmerksamkeit.

Während die Systematiker die verwandtschaftlichen Beziehungen verschiedener Pflanzenfamilien aufzufinden suchten, wollte die von Göthe begründete Metamorphosenlehre die innere Verwandtschaft verschiedener Organe derselben Pflanze ergründen. Göthes und seiner Nachfolger unklare, aus dem Boden der Naturphilosophie herausgewachsene Anschauung von der „Metamorphose“ und der „Spiraltendenz der Vegetation“ wurde von Karl Friedrich Schimper (1803—1867, aus Mannheim) und von Alexander Braun (1805—1877, aus Regensburg) zu einer konsequenten, jedoch rein idealistischen, formalen Betrachtung der Pflanzengestalt ausgebildet. Besonders hat die Schimpersche Blattstellungstheorie, die allerdings heute aufgegeben ist, auf die Weiterentwicklung der Morphologie günstig eingewirkt, so dass ihre historische Bedeutung treffend mit derjenigen der Epicyklenlehre in der Astronomie verglichen werden konnte.

Die Phytotomie hat in den ersten vier Jahrzehnten des XIX. Jahrhunderts dank der Vervollkommnung der Mikroskope und der mikroskopischen Technik bedeutende Fortschritte gemacht, die, durch Brisseau-Mirbel (1776—1854, aus Paris), den Begründer der mikroskopischen Pflanzenanatomie in Frankreich und durch mehrere deutsche Botaniker, besonders Paul Moldenkawer (1766—1827) eingeleitet, in den Arbeiten von Franz Meyen (1804—1840, aus Tilsit) und Hugo Mohl (1805—1872, aus Stuttgart) gipfelten. Jedoch bezogen sich diese Untersuchungen fast ausschliesslich auf das Zellhautgerüst und zwar in fertigem Zustand, während die Untersuchung des Zellinhalts erst in der folgenden Periode zu ihrem Rechte kam.

In der Physiologie wurde anfänglich die schon im XVIII. Jahrhundert nachgewiesene Sexualität der Phanerogamen wiederholt in Zweifel gezogen, aber auf Grund neuer Experimente auch den erhobenen Einwänden gegenüber verteidigt, bis im vierten und fünften Jahrzehnt die genaue mikroskopische Untersuchung der Befruchtungsvorgänge durch Amici, Mohl, Hofmeister, Tulasne u. a. die Frage zur endgültigen Entscheidung brachte. — Das Verständnis der Ernährungsvorgänge wurde zunächst erschwert durch die Lehre von der „Lebenskraft“; jedoch wurde bald durch Théodore Saussure (1767—1845, aus Genf), Vrolik, de Vreese, Joachim Dutrochet (1776—1847) und Meyen auf Grund des Lavoisier'schen Prinzips die Eigenwärme der Pflanze in der Hauptsache nachgewiesen und damit der „Lebenskraft“ ihre Hauptstütze entzogen. Wichtig ist aus jener Zeit auch noch Dutrochets Endosmosentheorie, die, wenn auch heute veraltet, doch zur Ausbildung der späteren Diffusionstheorie Anregung und eine mechanische Erklärung mannigfaltiger, zuvor unerklärter Vegetationsvorgänge gegeben hat.

Um das Jahr 1840 trat die Botanik in ihre neueste Entwicklungsphase ein. Die Anatomie wurde durch Mohl auf eine bedeutende wissenschaftliche Höhe gebracht. Bezüglich der Entwicklungsgeschichte der Zelle stellte M. J. Schleiden (1804—1881, aus Hamburg) zunächst noch die Theorie der freien Zellbildung auf, die aber in den folgenden Jahren durch Franz Unger (1800—1870, aus Leutschach in Steiermark) und hauptsächlich durch Karl Wilh. Nägeli (geb. 1817 in Kilchberg bei Zürich) widerlegt wurde, und an deren Stelle Nägeli, von den niederen Kryptogamen ausgehend, die heute noch geltende Zellenlehre setzte. Letz-

tere wurde besonders durch Alexander Braun, sowie durch die embryologischen Arbeiten von Wilhelm Hofmeister (1824—1877, aus Leipzig) weiter entwickelt, und es konnte bald (z. B. durch Kölliker 1845) konstatiert werden, dass die animalische und die vegetabilische Zellbildung in der Hauptsache übereinstimmen. — Das Interesse der Forscher wandte sich nun immer mehr dem Inhalt der Zellen zu. Das Protoplasma, dessen Aehnlichkeit mit der Sarkode der niedersten Tiere besonders durch die Studien von De Bary (geb. 1831 in Frankfurt a. M.) über die Myxomyceten (1859) ins rechte Licht gestellt wurde, zeigte sich als unmittelbare Grundlage sowohl des animalen, als des vegetativen Lebens. An den Stärkekörnern bildete Nägeli (1858) seine Intussusceptionstheorie aus, die als der erste gelungene Versuch zu betrachten ist, die Molekularphysik auf organische Vorgänge anzuwenden. — Auch die eigentliche Gewebelehre wurde weiter ausgebildet, so besonders durch Hofmeister, Nägeli, Hanstein, Sanio, Sachs, Pfeffer, Strassburger, Wiesner u. a.

Diese Fortschritte der Anatomie kamen der Morphologie und der Systematik unmittelbar zu gut. Zwar teilten die Begründer der neuen morphologischen Richtung, besonders Schleiden und Nägeli, mit der naturphilosophischen Schule zunächst noch die Annahme von der Konstanz der organischen Formen, aber sie legten dieser keine prinzipielle Wichtigkeit mehr bei. Da sie auch unter Ablehnung jeder teleologischen Erklärungsweise an dem Grundsatz streng induktiver Forschung festhielten, so wurden sie durch die Thatsachen selbst zu der Annahme einer allmählichen Entwicklung des Pflanzenreichs geführt, welche die seit den zwanziger Jahren von Sternberg, Brongniart, Göppert, Corda, später besonders von dem vielseitigen Unger, von Heer, Saporta, Engler u. a. methodisch betriebenen paläontologischen Forschungen ohnedies notwendig gemacht hatten. Als daher Darwins epochemachendes Buch erschien, war der Boden für die nunmehr zur Geltung kommende Descendenztheorie vollständig vorbereitet. Umgekehrt konnte letztere durch die Ergebnisse der genetischen Morphologie und der Embryologie dahin berichtigt und erweitert werden, dass nicht nur durch den Kampf ums Dasein und die natürliche Zuchtwahl, sondern auch durch andere Gesetze der Variation eine Vervollkommnung der organischen Formen herbeigeführt wird.

Auf dem Gebiete der Physiologie wurde die Ernährungslehre durch Liebig und Boussingault in neue Bahnen gelenkt; es wurde jetzt gezeigt, dass die chlorophyllhaltigen Pflanzen ihren Kohlenstoff aus der atmosphärischen Kohlensäure beziehen, dass die Ammoniak- und salpetersauren Salze der Pflanze ihren Stickstoff, Sulfate und Phosphate die ihr notwendigen Alkalien und Erdalkalien liefern u. s. w. — Von hervorragender Bedeutung war auch der am Ende der fünfziger Jahre gelungene Nachweis der Sexualität der Kryptogamen. — Die Wichtigkeit der Erforschung der pathogenen Pilze (Pasteur, Koch) ist schon bei der Medizin hervorgehoben worden.

In den letzten drei Jahrzehnten sind nun allerwärts an den Universitäten auch botanische und speziell pflanzenphysiologische Laboratorien entstanden, in denen unter Benützung der durch den neuesten Stand der Hilfswissenschaften und der modernen Technik gebotenen Mittel die Strukturverhältnisse, die Entwicklungsgeschichte und die sonstigen Vorgänge in der Pflanzenwelt nach allen Richtungen hin verfolgt werden, Arbeiten, welche ähnlich wie in der Zoologie als Vorbedingung für Aufstellung allgemeiner Entwicklungsgesetze anzusehen sind.

8. Mineralogie.

Die Mineralogie hat im XIX. Jahrhundert den Charakter einer exakten Naturwissenschaft angenommen, teils infolge der Einführung einer mathematischen Behandlung der Kristallformen, teils durch die Verwertung der in der Physik, besonders der Optik und der Chemie gemachten Fortschritte, wie sie ihrerseits auch auf die letztgenannten Wissenschaften befruchtend zurückwirkte.

Der Kristallographie wurde durch Wollaston (1766 bis 1829, aus Norfolkshire) eines ihrer wichtigsten Werkzeuge geliefert in Gestalt des Reflexionsgoniometers (1809). — Ihr mathematisches Gepräge erhielt dieser Wissenszweig durch den Abbé René Just Haüy (1743—1822, aus St. Just, Dép. Oise). Dieser entdeckte das Gesetz der Axenveränderung durch rationale Ableitungskoeffizienten und das Gesetz der Symmetrie, dem zufolge die Veränderung einer Kristallform durch Kombination mit anderen Formen sich immer zugleich auf alle gleichartigen Teile erstreckt; er gründete diese Gesetze, zu denen er eine eigene Nomenklatur erfand, auf eine atomistische Theorie der Kristallformen. — Joh. Jacob

Bernhardi (1774—1850, aus Erfurt) kam bei seiner Untersuchung der Haüy'schen Methode auf die sechs Grundformen der heutigen Kristallsysteme, ohne aber die Bedeutung der letzteren zu würdigen. Dies that dagegen Christian Samuel Weiss (1780—1851, aus Leipzig), der den geometrischen Bau der Kristalle auf das dreidimensionale Axenkreuz gründete, eine entsprechende Bezeichnung einführte und das Gesetzmässige der Hemiedrie erkannte. — An die Weiss'sche Betrachtungsweise schloss sich u. a. F. E. Neumann (s. Physik) an, indem er anstatt der Flächen die Normalen derselben ins Auge fasste (Kugelprojektion). — Friedrich Mohs (1773—1839, aus Gernrode am Harz) brachte die von Romé de l'Isle, Haüy, Bernhardi und Weiss aufgefundenen kristallographischen Grundgesetze in klaren organischen Zusammenhang unter Benützung einer auf die Axenverhältnisse gegründeten Kristallsymbolik, die dann von Karl Friedrich Naumann (1797—1873, aus Dresden) vereinfacht wurde.

Zu besonders bedeutenden Ergebnissen führte die optische Untersuchung der Kristalle. Aus der von Malus (1808) erkannten Polarisation des Lichtes beim Durchgang durch doppeltbrechende Kristalle ergab sich eine Bestätigung und neue Charakterisierung der Kristallsysteme, besonders durch die Arbeiten von Arago, Brewster und Wollaston. Brewster unterschied (1813) die optisch einaxigen und zweiaxigen Kristalle und zeigte die Zugehörigkeit der ersteren zum quadratischen und hexagonalen, die der letzteren zum rhombischen und zu den klinischen Systemen. — Zu den Untersuchungen der Polarisationserscheinungen war nach dem Vorgang von Seebeck (1813) und Biot (1814) lange Zeit fast ausschliesslich der Turmalin verwendet worden, bis die nach ihrem Erfinder Nicol genannte Kombination von Kalkspatprismen zu diesem Zweck in Aufnahme kam. — Der Zusammenhang der Polarisationserscheinungen mit der Kristallform, u. a. die schon von Arago (1811) beobachtete, von Fresnel als eigentümlich erkannte Cirkularpolarisation, der Dichroismus und Pleochroismus, die Einteilung der Kristalle in positive und negative je nach der grösseren oder geringeren Brechung des ausserordentlichen Strahls im Vergleich mit dem ordentlichen, die elliptische Polarisation (Brewster 1830), die Lamellarpolarisation (Biot 1843), die von Brewster sogenannte Fluorescenz u. a. waren die glänzenden Ergebnisse der Forschungen auf dem Gebiet der Kristalloptik in den folgenden Jahrzehnten.

Wie das optische, so wurde auch das thermische, das elektrische und magnetische Verhalten der Kristalle, ihre Härte (Härteskala von Mohs, 1825) und Elastizität zum Gegenstand vielfacher Untersuchungen gemacht.

Ebenso hat die Mineralchemie im XIX. Jahrhundert eine eigentlich wissenschaftliche Gestalt angenommen; die qualitative und quantitative Mineralanalyse, um welche sich neben vielen andern vorzüglich Berzelius, Heinrich und Valentin Rose, Wöhler, Mitscherlich (Dimorphismus) verdient gemacht haben, lehrte, in den letzten Jahrzehnten besonders auch auf spektroskopischem Wege, eine ganze Reihe neuer Elemente kennen.

In der Systematik hat sich zwischen der chemischen und der physikalischen Richtung, deren erste in Berzelius ihren Hauptvertreter fand, während die zweite von Mohs für die allein berechtigte erklärt wurde, allmählich eine vermittelnde Richtung herausgebildet.

In der Geologie, die im Laufe des XIX. Jahrhunderts in die architektonische, dynamische und historische Geologie zerlegt wurde, und die als Hilfswissenschaft noch die Paläontologie benützt, stellte Werner zunächst die Lehre vom Neptunismus auf, der zufolge alle Gesteine sich aus Wasser abgelagert haben sollen. Der Schotte James Hutton (1726—1797) trat dieser Lehre entgegen, insoweit sie sich auch auf Granite, Basalte und ähnliche Gesteine bezog und behauptete den feuerflüssigen Ursprung der letzteren (Plutonismus bzw. Vulkanismus). Die beiden berühmtesten Schüler Werners, Leopold von Buch (1774—1853, aus der Uckermark) und Al. von Humboldt schlossen sich dieser Auffassung an, die von den Plutonisten bald nicht mehr auf die regellos gelagerten Gesteine (Porphyre, Mandelsteine, Grünsteine, Granite) beschränkt, sondern auch auf Gneis, Glimmerschiefer, Kalk, Quarz u. a. ausgedehnt wurde. Gewisse, besonders aus der Art der Schichtenlagerung sich ergebende Schwierigkeiten suchten die Plutonisten durch die Annahme einer einmaligen, durch die Berührung mit eruptiven Gesteinen hervorgebrachten Veränderung zu beseitigen; so erklärte Buch die Bildung des Dolomits aus Kalkstein durch Berührung mit heissen Magnesiadämpfen.

Die weitere Entwicklung der Wissenschaft beseitigte die Auswüchse der beiden, einander feindlich gegenüberstehenden Theorien und liess das Berechtigte jeder derselben zur Geltung kommen. Man wurde, z. B. durch die Arbeiten von Wilhelm von Haidinger (1795—1871) auf die Umwandlungen auf-

merksam, welche die anorganischen Naturkörper im Laufe der Zeit durch äusserliche Einwirkungen, durch Veränderungen der Lagerungsverhältnisse, des Drucks u. dgl. erfahren, Erscheinungen, die am merkwürdigsten in den Pseudomorphosen zu Tage treten. Der Engländer Charles Lyell (1797—1878) zeigte, dass die Veränderungen der Erdoberfläche aus Ursachen erklärt werden können, die auch jetzt noch wirksam sind, ohne Zuhilfenahme plötzlicher grosser Katastrophen. Aus derartigen Forschungen und Ueberlegungen hat sich die Anschauung herausgebildet, dass nicht durch vereinzelte Naturkräfte, sondern durch deren gegenseitiges Zusammenwirken langsam, aber stetig und in sehr grossen Zeiträumen der Erdoberfläche ihre heutige Form gegeben worden ist.

Namenregister.

(Die Zahlen bedeuten die Seiten.)

A.

Abel 74.
Accademia del Cimento 36.
Aepinus 71.
Agassiz 99.
Agricola 24. 27.
Albatenius (Albatani) 5. 8.
Albertus Magnus 11. 14.
Aldrovandi 27. 43.
Alembert 52.
Alexander de Spina 12.
Alhazen 11.
Al Mamun 8.
Alteneck 83.
Amici 102.
Amontons 37.
Ampère 82.
Andral 95.
Apollonius 4. 30.
Arago 81. 82. 105.
Archytas 4.
Archimedes 4. 5. 9.
Argelander 77.
Aristarch 22.
Aristoteles 1. 7. 10. 11. 13. 17.
Aristyll 7.
Armati, Salvino degli 12.
Arrhenius 83. 92.
Auenbrugger 63.
Avicenna 17. 18. 24. 27. 47. 48.
Avogadro 84. 86. 89.

B.

Bacon, Roger 12. 14.
Baco von Verulam 12.
Baer 98.
Baillie 64.

Barrow 31.
Barthez 62.
Bartholinus 38. 48.
Bartling 101.
Bary, de 103.
Basilius Valentinus 23. 24.
Bauhin 26. 45. 67. 68.
Becher 41. 47. 57.
Bell (Med.) 95.
Bell (Phys.) 81.
Bellarmin 33.
Belon 27.
Beltrami 75. 76.
Bergmann 57. 58. 70. 71.
Bernhardi 104. 105.
Bernoulli, Familie 49.
Bernoulli, Daniel 36. 49. 51.
52.
Bernoulli, Jacob 31. 32. 49.
52.
Bernoulli, Johann 31. 32. 36.
49. 50. 52. 55.
Berthollet 59. 60.
Berzelius 84. 85. 86. 106.
Bessel 77. 78.
Bevis 56.
Bianconi 55.
Bichat 63. 64. 95.
Biela 76.
Biot 80. 105.
Black 54. 57. 58.
Blumenbach 66.
Bock 26.
Boë 42.
Boerhave 24. 57. 60. 61. 63.
Bolyai 75.
Bombelli 21.
Bonnet 65. 66.
Bordeu 62.

Borelli 42.
Bose 55.
Bouguer 55.
Bourguet 70.
Boussingault 104.
Boyle 40. 41. 48. 86.
Bradley 50.
Brand 41.
Braun, Alexander 101. 103.
Brewster 80. 105.
Briggs 29.
Brill 75.
Brisseau 43.
Brisseau-Mirbel 102.
Brissot 25.
Brongniart 101. 103.
Broussais 94.
Brown, John 62. 93.
Brown, Robert 100. 101.
Brunfels 26.
Bruns 97.
Buch 106.
Buffon 65. 66.
Bunsen 81. 82.
Bürgi 28. 29.
Butlerow 90.
Büttner 64.

C.

Caesalpinus 26. 45. 46.
Cagniard de la Tour 81.
Camerarius 47.
Campanella 24.
Camper 66.
Candolle de 100. 101.
Canstatt 96.
Canton 55. 71.
Capeller 70.

Carangeot 71.
 Cardano 20. 29.
 Carlisle 82.
 Carnot, Nicolas 75. 78.
 Carnot, Nicolas Sadi 80.
 Cartwright 54.
 Cataldi 30.
 Cato 17.
 Cauchy 74.
 Cavalieri 30. 31.
 Cavendish 57. 58.
 Cayley, Arthur 75.
 Cayley, John 53.
 Celsius 54.
 Ceva 31.
 Charles 54.
 Charleton 43.
 Chasles 75.
 Chladni 55.
 Claus 91.
 Clausius 80. 83.
 Clebsch 74. 75.
 Colding 78.
 Copernicus 21. 22. 34.
 Coppet 91.
 Corda 103.
 Corliss 78.
 Corvisart 95.
 Coulomb 56.
 Couper 85. 90.
 Cousin 59.
 Cox 78.
 Crompton 54.
 Cronstedt 71.
 Crookes 92.
 Cullen 61.
 Cunaeus 56.
 Cuvier 98. 99. 100.

D.

Daguerre 92.
 Dalton 84. 86.
 Daniel 82.
 Darwin 100. 103.
 Davy 83. 86. 87.
 De la Hire 70.
 Deluc 54.
 Denys 43.
 Derham 55.
 Desargues 30. 50.
 Desault 63.
 Descartes 29. 30. 31. 35.
 Dinostratus 4.
 Diocles 4.

Diophantus 5.
 Dirichlet 74. 78.
 Dodonaeus 26.
 Döllinger 95.
 Dollond 50.
 Dubliner Schule 95.
 Dubosq 83.
 Dufay 55. 70.
 Duhamel 57. 58. 69.
 Dulong 79. 84. 87.
 Dumas 85. 88. 89. 98.
 Dupin 75.
 Dupuytren 95.
 Dürer 26.
 Dutrochet 102.

E.

Edison 81.
 Eleaten 9.
 Empedocles 13.
 Encke 76.
 Endlicher 101.
 Engler 103.
 Erasistratos 16.
 Eratosthenes 4.
 Eudoxus 7.
 Euklid 4. 10. 30. 75.
 Euler 49. 50. 51. 52. 55.

F.

Fabricius 33.
 Fahrenheit 54.
 Faraday 82. 83. 84.
 Faye 51.
 Fermat 29. 31.
 Ferrari 21.
 Floyer 63.
 Fontana 33.
 Foucault 80. 83.
 Fourcroy 59. 60.
 Fourier 74. 80. 81.
 Frankland 85. 90.
 Franklin 56.
 Fraunhofer 81.
 Fresnel 80. 105.
 Frézier 50.
 Friedel 90.
 Fuchs 26.
 Fulton 79.

G.

Galen 16. 24. 25. 42.
 Galilei 19. 31. 32. 33. 35. 36.

Gall 94.
 Galle 76.
 Galois 74.
 Galvani 56.
 Gärtner 68.
 Gassendi 38.
 Gauss 74. 75. 76. 78. 83. 84.
 Gay-Lussac 79. 82. 84. 86.
 87. 88.
 Geber 14.
 Gellibrand 29.
 Geoffroy 57. 58.
 Gerhardt 85. 89.
 Gesner 26. 27. 43.
 Giessing 55.
 Gigot de la Peyronie 63.
 Gilbert 23. 38.
 Gioja 12.
 Glauber 24. 39.
 Gmelin 89.
 Göppert 103.
 Gordon 55.
 Göthe 101.
 Graham 54. 87.
 Gramme 82.
 Grassmann 74.
 Gray 55.
 Green 84.
 Gregory 32. 38.
 Grew 46.
 Griesinger 96.
 Grimaldi 38.
 Grove 82.
 Guericke 35. 36. 38.
 Guldin 5. 10. 30.
 Gulielmini 48.
 Gunter 30.
 Gutenberg 13.

H.

Häckel 100.
 Hadley 55.
 Haën 61.
 Hahnemann 94.
 Haidinger 106.
 Hales 69.
 Hall 95.
 Haller 63. 64. 66.
 Halley 33. 36. 37.
 Halske 83.
 Hamilton 74.
 Hanstein 103.
 Hargreaves 54.
 Harriot 29.

Harrison 54.
Hartmann 23.
Harvey 43. 44. 95.
Hausen 55.
Haüy 71. 104.
Hawksbee 55.
Hebra 96.
Hedwig 68.
Heer 103.
Hefner 83.
Heister 63.
Hele oder Henlein 23.
Helmholtz 73. 76. 78. 80.
81. 84. 97.
Helmont 39. 41.
Henkel 70.
Henle 94. 96.
Henry 77.
Hero 4. 5. 9. 10.
Herodianus 2.
Herophilos 16.
Herschel 50.
Hertz 84.
Hesse 74. 75.
Hévelius (Höwelcke) 33.
Hick 78.
Hilaire 98.
Hindenburg 50.
Hipparch 5. 7. 8.
Hippokrates 3. 15. 16. 25.
42. 61. 95.
Hoffmann, Fr. 57. 61.
Hofmann, Aug. Wilh. 89.
Hofmeister 102. 103.
Homberg 41.
Hooke 35. 38. 44. 46.
Howe 79.
Hufeland 94.
Huggins 77.
Hughes 81. 83.
Humboldt 100. 106.
Huntter 64. 66.
Hutton 106.
Huxley 100.
Huygens 30. 31. 33. 34. 35.
38.

I.

Ingen-Houss 69.

J.

Jablochkoff 83.
Jacobi, Karl Gustav 74. 75.
78.

Jacobi, Moritz Hermann 83.
Jacquard 79.
Jansen, Zach. 23.
Janssen 77.
Jenner 63.
Johann von Calcar 25.
Johnstonus 43.
Jonische Philosophen 9.
Jordanus Nemorarius 6.
Joule 78. 80.
Jungius 46.
Jussieu, A. L. 68. 100. 101.
Jussieu, B. 68.

K.

Kämpf 61.
Kant 51.
Kekulé 85. 89. 90.
Kepler 19. 22. 28. 29. 31.
32. 34. 37. 100.
Kielmayer 95.
Kirchhoff 81. 84.
Klaproth 60.
Klein, F. 76.
Klein, J. 65.
Kleist 56.
Kleomedes 10.
Koch 93. 97. 104.
Kolbe 85. 90.
Kölliker 103.
Kölreuter 69.
König 79.
Ktesibios 9.
Kunckel 24. 41.

L.

Ladenburg 91.
Laënnec 95.
Lagrange 49. 50. 51. 52.
Lamarck 98.
Lambert 50. 51.
Lamé 75.
Lang 64.
Langermann 97.
Laplace 51. 59.
Laurent 85. 89.
Lavoisier 59.
Le Blanc 58.
Leclanché 82.
Leeuwenhoek 44. 45. 47. 48.
Legendre 74.
Le Gras 43.
Leibniz 29. 31. 32.

Lémery 41.
Lenoir 79.
Leonardo da Vinci 12. 25.
Leonardo von Pisa 6.
Leverrier 76.
Lhwyd 64.
Libavius 24.
Lichtenberg 56.
Liebig 85. 88. 92. 104.
Lindley 101.
Linné 46. 65. 67. 68. 100.
Lippershey 37.
Lissajous 81.
Lister, Martin 44.
Lister, Joseph 97.
Lobatschewsky 75.
Lobelius 26. 45.
Lonicer 26.
Louis 95.
Lüdtge 81.
Lullus 14.
Luther 22.
Lyell 107.

M.

Maclaurin 50.
Macquer 57. 58.
Magendie 95.
Magnus 79.
Maillet 66.
Maître-Jean 43.
Malpighi 44. 46. 47.
Malus 80. 105.
Marcus Graecus 24.
Marggraf 57. 58.
Mariotte 36. 86.
Mattioli 26.
Maurolykus 23.
Mayer, J. T. 50.
Mayer, Rob. 78. 80.
Maxwell 78. 84.
Meidinger 82.
Melanchthon 22.
Melloni 82.
Menaechmus 4.
Mendelejeff 91.
Menelaus 4. 5.
Mercator 32.
Mersenne 38.
Mesmer 62.
Meusnier 50.
Meyen 102.
Meyer, Lothar 91.
Michel Angelo 25.

Mitscherlich 87. 106.
Möbius 75.
Mohl 102.
Mohs 105. 106.
Moivre 50.
Moldenhauer 92.
Moldenhawer 102.
Monge 59. 78.
Montgolfier 54.
Montpellier, Schule 62.
Morel 43.
Moreland 38.
Morgagni 64.
Morison 46.
Morse 83.
Morveau 59. 60.
Müller, Joh. 99.

N.

Nägeli 92. 102. 103.
Napier (Neper) 28. 29. 30.
Naumann 105.
Neumann, Carl 75.
Neumann, Franz 84. 105.
Newcomen 53.
Newlands 91.
Newton 31. 32. 34. 35. 37.
38. 51. 55. 56. 100.
Nicholson 82.
Nicol 105.
Nicolaus von Cusa 12.
Nicomedes 4.
Nièpce 92.
Nobili 82.
Noble 38.
Nollet 56.
Normann 23.

O.

Oersted 82.
Ohm 81. 83.
Oken 95.
Olbers 76.
Oppolzer 96.
Oresme 6.
Ostwald 92.
Otto 79.
Owen 99.

P.

Pacinotti 82.
Palissy 24.
Pallas 66. 72.

Papin 37. 53.
Pappus 3. 5. 10. 30.
Paracelsus 23. 24. 25. 39. 95.
Pascal 29. 30. 36. 50.
Pasteur 92. 93. 104.
Paul III. 22.
Pedanius Diosconides 17.
Petit 63. 79. 84. 87.
Pettenkofer 97.
Peurbach 6. 21.
Pfaff 74.
Pfeffer 103.
Piazzi 76.
Pigott 38.
Pinel 62. 63. 95. 97.
Pixii 82.
Planta 55.
Plato 7.
Plinius 10.
Plücker 75.
Poggendorf 82.
Poinsot 78.
Poisson 78. 83.
Poncelet 75. 78.
Porta, Giambattista della 23.
Pothenot 29.
Pott 70.
Potter 53.
Prevost 98.
Priestley 57. 58.
Proust 60. 86.
Ptolemaeus 4. 5. 8. 10. 21. 34.
Purbach s. Peurbach.
Pythagoras 3. 7.
Pythagoräer 3. 9.

R.

Raffael 25.
Ramazzini 42.
Raoult 91.
Rasconi 98.
Rasori 94.
Rathke 98.
Ray 43. 46. 47.
Réaumur 54. 64.
Recorde 29.
Regiomontanus 6. 20. 21.
Regnault 79.
Reil 62.
Reis 81.
Renaldini 36.
Reyher 37.
Rhaeticus 20. 22.
Richter 60. 86.

Riemann 74. 76.
Riese 20.
Ritchie 82.
Rivinus 46.
Roberval 31.
Robinet 66.
Rokitansky 96.
Rolfink 43.
Romé de l'Isle 70. 71.
Romer 92.
Römer 34.
Rondelet 27.
Röntgen 81.
Röschlaub 93.
Rose 106.
Roser 96.
Rouelle 57. 58.
Rudolf II. 22. 26. 33.
Rudolff 20.

S.

Sachs 103.
Salvino degli Armati 12.
Sanio 103
Santoro 42.
Saporta 103.
Saussure 69. 102.
Savery 37.
Savigny 99.
Saxton 82.
Scarpa 63.
Scheele 57. 58.
Scheiner 33. 38.
Schelling 73.
Scheuchzer 64. 70.
Schiaparelli 76.
Schiel 89.
Schimper 101.
Schleiden 98. 102.
Schneider 43.
Schönlein 95.
Schwann 98.
Schwarz 15.
Schweigger 82.
Schwenter 30.
Schyrl 38.
Scipione del Ferro 20.
Scoda 96.
Secchi 77.
Seebeck 82. 105.
Senebier 69.
Seneca 10.
Senn 97.
Severino 44.

Siebold 98.
 Siemens 82. 83.
 Snell 29. 37.
 Somerset 37.
 Spallanzani 67.
 Sperling 43.
 Spina 12.
 Sprengel 69.
 Spurzheim 94.
 Stahl 24. 41. 57. 61.
 Staudt 75.
 Steiner 75.
 Steinheil 83.
 Stenone 43. 48.
 Stephenson 79.
 Sternberg 103.
 Stevinus (Stevens) 29. 34. 35.
 Stifel 20. 28.
 Stoll 62.
 Störck 62.
 Strasburger 103.
 Swammerdam 45.
 Swieten 61.
 Sydenham 42. 61.
 Sylvius 42.

T.

Tachenius 39.
 Talbot 92.
 Tartaglia 20.
 Taylor 50. 55.
 Tellamed 66.
 Thales 3. 7. 11.
 Thénard 87.
 Theophrastos 14. 17.
 Thévenot 34.

Thomsen 86.
 Thomson 84.
 Timocharis 7.
 Tizian 25.
 Torricelli 36.
 Tournefort 46. 68. 70.
 Tschirnhausen 31.
 Tulasne 102.
 Tycho de Brahe 22.

U.

Unger, Joh. Aug. 61.
 Unger, Franz 102. 103.

V.

Van t'Hoff 92.
 Vauquelin 60.
 Vego, Jean del 43.
 Verney 43.
 Vesal 25.
 Vicq d'Azyr 66.
 Viète (Vieta) 21. 29. 30.
 Virchow 94. 96.
 Vlacq 29.
 Vogel 77.
 Volta 56.
 Vreese de 102.
 Vrolik 102.

W.

Wall 70.
 Wallace 100.
 Wallerius 70. 71.
 Wallis 30.

Watson 56.
 Watt 53.
 Weber 78. 83. 84.
 Weiss 105.
 Werner 70. 71. 72. 106.
 Wheatstone 80.
 Wichmann 63.
 Widmann 20.
 Wiener Schule, alte 61.
 Wiener Schule, neue 96.
 Wiesner 103.
 Wilcke 55.
 Williamson 89.
 Willis 42. 44.
 Willughby 44.
 Wilson 55. 71.
 Winkler 56.
 Witt, Jean de 30.
 Wöhler 85. 88. 106.
 Wolf, Rud. 77.
 Wolff, C. F. 67. 68.
 Wollaston 81. 86. 104. 105.
 Woolf 78.
 Wormius 48.
 Wotton 26.
 Wunderlich 96.
 Wurtz 89.

Y.

Young 80.

Z.

Zimmermann 65.
 Zöllner 77.
 Zucchi 38.

Sachregister.

(Die Zahlen bedeuten die Seiten.)

A.

Abacus 3. 20.
 Aberration 50. 55.
 Abstossung, elektrische 39.
 Achillessehne 17.
 Aderlass 15. 25.
 Aderpresse 43.
 Aeolipile 10.
 Aeromechanik 35.
 Affinität 60.
 Akustik 11. 38. 54. 81.
 Alaune 14.
 Alaunerde 59.
 Alchemie 14. 24. 41.
 Algebra 20. 29. 49.
 Algorithmus 20.
 Alkalien 14. 42. 59. 104.
 Alkalimetalle 86.
 Alkaloide 95.
 Alkohol 24. 37. 40. 90.
 Almagest 5. 8.
 Ammon, kohlen-saures 14.
 Ammoniak 60. 89. 104.
 Analogien, Nepersche 28.
 Analyse (chem.) 40. 48.
 Analysis 49. 74.
 Anästhetika 97.
 Anatomie, allg. 16. 17. 25.
 42. 43. 63. 64. 93.
 Anatomie, chir. 63.
 Anatomie, path. 63.
 Anatomie der Tiere, siehe
 Zootomie.
 Anilin 92.
 Animismus 61.
 Anlegegoniometer 71.

Annäherungsmethoden 29.
 Anomalistischer Monat 8.
 Antigastrische Methode 62.
 Antimon 14. 59.
 Anziehung, elektr. 11.
 Aorta 17.
 Apfelsäure 59.
 Apogäum 8.
 Aqua vitae 24.
 Aequinoktien 8.
 Aequivalentgewicht 85. 89.
 Aräometer 9. 82.
 Arbeitsmaschinen 52. 53. 78.
 79.
 Arc tang-Reihe 32.
 Archeus 41.
 Arithmetik 20.
 Arkebuse 15.
 Armillarsphäre 7.
 Aromatische Verbindungen
 90.
 Arsen 59.
 Art (Begriff) 45. 68.
 Arzneimittel 17. 43. 62.
 Asparagin 60.
 Asteroiden 51.
 Asthenische Krankheiten 62.
 Astrophysik 77.
 Aether 61.
 Atmung 42. 59. 64.
 Atomgewicht 85. 86. 87. 89.
 Atomgruppierung 85.
 Atomtheorie 84. 86. 87.
 Atomwärme 84. 87.
 Aufschliessung der Silikate
 71.
 Auge 11. 17. 37.

Augenheilkunde 43. 96.
 Augenspiegel 97.
 Auscultation 94.
 Ausdehnungslehre 74.
 Ausflussgeschwindigkeit 36.
 Axen (Min.) 104. 105.

B.

Bahn, elektrische 83.
 Bahnberechnung (Astr.) 76.
 Bakteriologie 97.
 Barometer 36. 37.
 Barycentrischer Calcul 75.
 Baryterde 58. 59.
 Basalt 106.
 Basen (Chem.) 40.
 Basiswinkel 3.
 Bäume 46.
 Befruchtung (Bot.) 102.
 Benzol 88. 90.
 Beobachtungsfehler 76.
 Bergkristall 48.
 Bernstein 11. 23.
 Berührungskreis 4.
 Beryllium 12.
 Beryllerde 60.
 Beschleunigung, centrifu-
 gale 35.
 Beugung des Lichts 80.
 Bewegung 32. 35. 52.
 Bilanz 35.
 Binomialkoefficient 20.
 Binomialreihe 32.
 Biologie (Zool.) 99.
 Bittererde 58. 59.
 Blätter 47. 69.

Blattstellungstheorie 101.
 Blausäure 59. 60.
 Blei 13. 56. 59.
 Bleicherei 83.
 Blitz 56.
 Blumenkrone 46.
 Blutkörperchen 42. 45.
 Blutkreislauf 43. 44.
 Brachistochrone 31.
 Brechung des Lichts 10.
 Brechungsgesetz 37.
 Breite (Astr.) 7.
 Brennpunkt 12.
 Brille 12.
 Bronze 14.
 Brüche 2.
 Buchdruckerkunst 13. 26.
 Buchstabenrechnung 3. 6.
 Butylalkohol 90.

C.

Camera obscura 23.
 Cellularpathologie 96.
 Cer 60.
 Ceres 76.
 Chemismus (Med.) 62.
 Chinarinde 43.
 Chinasäure 60.
 Chirurgie 42. 63. 97.
 Chlor 58. 60. 86. 87. 88.
 Chlorophyll 104.
 Cholerabazillus 97.
 Chrom 60.
 Cirkularpolarisation 80. 105.
 Cissoide 4.
 Citronensäure 59.
 Conchoide 4.
 Coniferen 101.
 Contrastimolo 94.
 Corona 77.
 Corpusculartheorie 40. 71.
 Cosinusreihe 32.
 Cosinussatz 28.
 Coss 20.
 Crownglas 55.
 Cyan 88.
 Cyansäure 88.
 Cycadeen 101.
 Cykloide 31.
 Cylinderflächen 50.

D.

Daguerrotypie 92.
 Dampf 9. 10. 37. 53.

Dampfdichtebestimmung 88. 91.
 Dampfmaschine 52. 53.
 Dampfschiff 79.
 Deklination (Astr.) 7.
 Deklination (Magn.) 12.
 Dekomposita (Min.) 48.
 Delische Aufgabe 4.
 Descendenztheorie 69. 98. 100. 103.
 Determinanten 29. 74.
 Dezimalbrüche 29.
 Diagnose (Bot.) 45. 68.
 Diagnose (Med.) 63. 64. 93. 95. 96.
 Diamant 70.
 Dichroismus 105.
 Dichtigkeitsmaximum des Wassers 54.
 Differentialgeometrie 50. 75.
 Differentialgleichungen 74.
 Differentiallampe 83.
 Differentialrechnung 31. 50.
 Diffusionstheorie 102.
 Diluvianer 64.
 Dispersion 38.
 Dissociation 92.
 Dissonanz 81.
 Divergenz der Reihen 32.
 Dolomit 106.
 Doppelbrechung 38. 80.
 Doppelnadel 82.
 Doppelverhältnis 5.
 Drakonitischer Monat 8.
 Dreicylindermaschinen 78.
 Dreiecksformel (Hero's) 4.
 Dreiecksformel (sphär.) 5.
 Dreieckswinkel 3.
 Dreiteilung des Winkels 4.
 Druckpumpe 9.
 Drüsen (Zool.) 45.
 Dynamik 9. 52.
 Dynamomaschinen 79. 82. 83.
 Dyskrasie 16.

E.

Edelsteine 70.
 Eigenwärme (Bot.) 102.
 Eisen 13. 59.
 Eisensalze 48.
 Eizelle 99.
 Ekliptikschiefe 6.
 Elastizität (Min.) 106.
 Elektrisiermaschine 38. 55.

Elektrizität 11. 23. 38. 55. 56. 81.
 Elektrolyse 83.
 Elektromagnet 82.
 Elektrophor 56.
 Element, galvanisches 56. 82.
 Elemente 13. 15. 16. 24. 40. 41. 106.
 Emanationstheorie (Emissionstheorie) 38. 80.
 Embryo (Bot.) 46.
 Empfindung 42.
 Endosmose (Bot.) 102.
 Energie 78. 80.
 Entomologie 64.
 Entwicklung (Bot.) 102. 103.
 Entwicklung (Med. u. Zool.) 43. 64. 67. 93. 97. 98.
 Epicykeln 8. 21. 101.
 Erblichkeit 100.
 Erdalkalien 104.
 Erdalkalimetalle 86.
 Erde 13. 24. 41.
 Erden 27. 48. 70.
 Erdmagnetismus 23. 74.
 Erdöl 79.
 Ernährungslehre (Bot.) 69. 102.
 Erregungstheorie 93.
 Erstarrungspunkt 91.
 Erze 48.
 Essenzen 25.
 Essig 14. 59.
 Ethnographie 66.
 Eukrasis 16.
 Evolutionstheorie 67.
 Evolventen 31.
 Excentricität der Sonnenbahn 8.
 Exhaustionsmethode 4. 30.
 Explosivkörper 92.
 Exponenten, gebrochene 6.
 Exponentialreihe 32.
 Extrakte 25.

F.

Fall 35.
 Falscher Ort (Med.) 42. 61.
 Familien (Bot.) 26. 68.
 Farben dünner Plättchen 38.
 Färberei 14. 40. 58. 83.
 Farren 26.
 Fäulnis 92.
 Fernrohr 23. 33. 34. 37. 38. 50.

Ferrocyan 87.
 Feuer 13. 24.
 Feuerspritze 10.
 Fieberlehre 62.
 Figurierte Zahlen 3.
 Fingerrechnen 3.
 Fische 98.
 Fixpunkte(Thermometer)36.
 Flächen, Erhaltung der 52.
 Flächenfamilien 50.
 Flächenparallelismus (Min.)
 71.
 Flaschenzug 9.
 Flintglas 55.
 Flötze 72.
 Fluor 87.
 Fluoreszenz 80. 105.
 Fluxionsrechnung 31.
 Formation (Min.) 72.
 Fortpflanzung des Lichtes
 34. 84.
 Fortpflanzung des Schalls
 38. 54.
 Fossile Formen 64.
 Froschei 98.
 Fuchsie 26.
 Funktionen, elliptische 74.

G.

Galläpfeltinktur 48.
 Galle 42. 62.
 Gallium 91.
 Galvanismus 56.
 Galvanometer 82.
 Galvanoplastik 83.
 Gärung 39. 42. 92.
 Gas 39. 59.
 Gattung 45. 46.
 Gemeinvielfaches 4.
 Gemenge (Chem.) 40.
 Geocentrische Anschauung
 7. 21. 22.
 Geognosie 72.
 Geologie 106.
 Geometrie 3. 4. 5. 21. 30.
 49. 75. 76.
 Geometrie, abzählende 75.
 Geometrie, analyt. 30. 32.
 Geometrie, beschreibende 30.
 50.
 Geometrie der Lage 75.
 Geometrie, nichteuklidische
 75. 76.

Geometrie, pseudosphärische
 75. 76.
 Gerberei 83.
 Germanium 91.
 Gesichtswinkel 66.
 Gips 70.
 Glas 14. 40.
 Glaselektrizität 56.
 Glathänen 37.
 Gleichungen 5. 20. 21. 29. 74.
 Gliedertiere 98.
 Glimmerschiefer 106.
 Glycerin 59.
 Gneis 106.
 Gnomon 6.
 Gobarziffern 2.
 Gold 13. 48. 59.
 Granit 106.
 Gräser 26.
 Gravitationsgesetz 34. 35.
 Gravitationsmechanik 32.
 Grenzwert 31.
 Grubengas 89.
 Grundgestalten (Min.) 71.
 Grünstein 106.

H.

Hacken 15.
 Halbkreis 3.
 Hämatochemie 95.
 Harnsäure 59.
 Harnstoff 88.
 Härte (Min.) 106.
 Harzelektrizität 56.
 Hautkrankheiten 96.
 Hebel 9. 10. 13.
 Heliocentrische Betrachtung
 22.
 Hemiedrie 105.
 Hemitropie 71.
 Heronsball 10.
 Herz 17. 42. 43. 64.
 Höhendifferenzen 36.
 Höhenmessung 3.
 Holzgeist 88.
 Holzschnitt 26.
 Homogene Koordinaten 75.
 Homologie (Chem.) 89.
 Homöopathie 94.
 Hühnchen, Entwicklung 44.
 Humoralpathologie 15. 42. 61.
 Hydrodynamik 52.
 Hydromechanik 35.
 Hydrostatik 9. 35.

I.

Iatrochemie 24. 39. 41. 42.
 Iatromechanische Theorie
 41. 42. 61.
 Imaginäre Grössen 50.
 Induktion 30.
 Induktor, ringförmiger 82.
 Infarctus 61.
 Infinitesimalrechnung 31. 32.
 Inflexion 38.
 Influenzwirkung 55.
 Injektion 44.
 Inklination 23.
 Insekten 45. 69.
 Integralrechnung 30. 31. 74.
 Interferenz 80.
 Interpolation 32. 49.
 Intussusception 103.
 Involution 30.
 Ipecacuanha 43.
 Irrationalzahlen 3.
 Irreducibler Fall (Math.) 21.
 Irrenheilkunde 62. 63. 97.
 Irritabilität 64.
 Isomerie 85. 88. 91.
 Isomorphie 84. 87.
 Isopathie 94.

J.

Jacquardstuhl 79.
 Jahr, siderisches 8.
 Jahreszeiten 8.
 Jennymaschine 54.
 Jod 87.
 Jonen 83.
 Juno 76.
 Jupitertrabanten 34.

K.

Kaleidoskop 80.
 Kali 58. 60.
 Kalium 87.
 Kalkerde 59. 106.
 Kalksalze 48. 59.
 Kalkspath 70. 105.
 Kampf ums Dasein 100.
 Kamphersäure 60.
 Karpologie 68.
 Katarrh 43.
 Katoptrik 10.
 Kegelflächen 50.
 Kegelschnitte 4. 30.

Kehlkopfspiegel 97.
 Keil 10.
 Keimchentheorie 64.
 Keramik 24.
 Kerntheorie 85. 89.
 Kettenbrüche 30.
 Kettenlinie 31.
 Kieselerde 39.
 Kieselsäure 70.
 Klangfarbe 81.
 Klangfiguren 55.
 Klepsydren 10.
 Kobalt 59.
 Kochsalz 58. 59.
 Koeffizienten, unbestimmte 29.
 Kohlenstoff 59. 69. 104.
 Kohlensäure 58. 104.
 Kohlensäure (Bot.) 69.
 Kohlenstoffsechseck 90.
 Kombinatorische Schule 50.
 Kometen 33. 76.
 Komma (Math.) 29.
 Kommutator 82.
 Kompass 12.
 Kondensator 56.
 Konkretionen 27.
 Konsonierende Töne 11. 81.
 Konstitution (Chem.) 90.
 Konvergenz der Reihen 32.
 Koordinaten, homogene 75.
 Körperwärme 42.
 Korpusculartheorie 40. 71.
 Kosmogonische Theorie 51.
 Kräfte (Phys.) 32. 35.
 Kräfte, lebendige 52.
 Kräfte, Zerlegung 35. 52.
 Kraftmaschinen 78.
 Kraftübertragung 79.
 Kranioskopie 94.
 Krasis 16.
 Krätzmilbe 63.
 Kräuter 46.
 Kräuterbücher 26.
 Kreislauf des Blutes 43. 44.
 Kreisteilungsgleichung 74.
 Kristalle 47. 70. 71.
 Kristallographie 104. 105.
 Kristallsymbolik 105.
 Kryptogamen 101. 102. 104.
 Kugelprojektion 105.
 Kuhpockenimpfung 63.
 Kupfer 13. 39. 48. 59.
 Kupfervitriol 39.
 Kurvendiskussion 31.

L.

Lamellarpolarisation 105.
 Länge (Astr.) 7.
 Lebenskraft 62. 102.
 Lebensrente 30.
 Leichenalkaloide 92.
 Leuchtgas 92.
 Leydener Flasche 56.
 Licht (Bot.) 47. 69.
 Lichterzeugung, elektr. 83.
 Licksternwarte 77.
 Lilien 26.
 Linsen, achromatische 55.
 Logarithmen 28. 29.
 Logarithmenreihe 32.
 Logarithmische Linie 31.
 Lokomotive 79.
 Lösungen, Theorie 92.
 Lötrohr 71.
 Luft 13. 36.
 Luft (Bot.) 69.
 Luft, fixe 58.
 Luftballon 54.
 Luftdruck 36. 41.
 Luftpumpe 35.
 Luftthermometer 36. 37.
 Lymphgefäße 43.

M.

Maceration 44.
 Magen 42.
 Magnesia 106.
 Magneteisenstein 11.
 Magnetinduktion 82.
 Magnetismus 11. 23. 38. 56. 83.
 Magnetismus, tierischer 62.
 Makrobiotik 94.
 Mandelstein 106.
 Mangan 58. 59.
 Mars 19. 33.
 Masssystem, allgemeines 74. 84.
 Maximalbestimmung 31. 49.
 Mechanik 1. 9. 34. 51. 52. 78.
 Mechanik des Himmels 51.
 Meridianbestimmung 6.
 Metalle 18. 27. 48. 59. 70. 85.
 Metallurgie 24. 40. 83. 92.
 Metallverwandlung 13.
 Metamorphosenlehre (Bot.) 101.
 Mikrophon 81.
 Mikroskop 23. 44. 45. 46. 102.

Milchsäure 59.
 Milz 42.
 Mineralanalyse 71. 106.
 Mineralchemie 48. 70. 71. 106.
 Mineralien 48.
 Mineralsäuren 14.
 Minuszeichen 20.
 Minuten 5.
 Mittel (Math.) 4.
 Molekulargesetz 84. 86.
 Molekulargewicht 85. 89.
 Molekularphysik 103.
 Mollusken 45.
 Mond 7. 8. 33.
 Mondkarte 33.
 Mooskunde 68.
 Morphologie (Bot.) 68. 100. 101. 103.
 Morphologie (Zool.) 65. 99.
 Mulemaschine 54.
 Muskelfaser 45.
 Muskeln 17. 64.
 Muskete 15.
 Myxinoiden 99.
 Myxomyceten 103.

N.

Nähmaschine 79.
 Natrium 87.
 Natron 58.
 Natron, schwefelsaures 40.
 Naturhistorische Schule (Med.) 95.
 Naturphilosophische Schule (Med.) 95.
 Naturspiele 64.
 Negative Grössen 3. 20.
 Neptun 76.
 Neptunismus 106.
 Nerven 42. 95.
 Nervenleitung 61.
 Nervenkraft 61.
 Nervensystem 42.
 Netz, Malpighisches 44.
 Nickel 59.
 Nitroverbindungen 92.
 Nomenklatur (Bot.) 46. 67.
 Nomenklatur, binäre 65. 67.
 Nomenklatur, chemische 60.
 Nomenklatur, mineralogische 104. 105.
 Normalen 31.
 Null 2.
 Numerische Methode (Med.) 95.

O.

Obertöne 38.
Ohrenheilkunde 43.
Oele 14.
Onomasticon zoicon 43.
Optik 1. 10. 12. 23. 34. 37.
38. 55. 80.
Osmotischer Druck 91.
Oxalsäure 59.
Oxydation 59.
Oxydationsstufen 87.

P.

Paläontologie 66. 99. 103. 106.
Pallas 76.
Pankreas 42.
Papier 79. 92.
Parallelogramm der Kräfte
34.
Parallelogramm, Wattches
53.
Passageninstrument 34.
Pathologie 16. 42. 88. 93.
94. 95.
Pendel 35.
Pendelversuch 80.
Pendeluhr 34. 35. 54.
Perigäum 8.
Perkussion 63. 94. 96.
Perspektive 30.
Pflanzenanatomie s. Phyto-
tomie.
Pflanzenphysiologie 47. 68.
69. 102. 104.
Pflanzengeographie 100.
Phanerogamen 102.
Pharmakodynamik 95.
Phlogistontheorie 41. 57.
Phonograph 81.
Phosphor 41. 59.
Phosphoreszenz 70.
Phosphorsäure 57. 87. 104.
Photochemie 92.
Photographie 77. 92.
Photometer 55.
Phrenologie 94.
Physiologie 16. 39. 47. 66.
68. 69. 86. 88. 93. 95. 99.
102. 104.
Physiologus 18.
Physiologische Heilkunde
94. 96.
Phytotomie 46. 68. 102.

Pilze, pathogene 97. 104.
Planeten 6. 8. 11. 21. 22.
32. 51. 76.
Planetenphasen 33.
Planetoiden 76.
Platin 59.
Pleochroismus 105.
Pluszeichen 20.
Plutonismus 106.
Pneuma (Med.) 16. 42.
Pneumatische Chemie 39. 58.
Polarisation des Lichtes 80.
105.
Pollen 47.
Porphyr 106.
Porzellan 58.
Positionssystem 2. 3.
Potentialtheorie 74. 83.
Potenz 6. 21. 29.
Pottasche 14.
Präcession der Nachtglei-
chen 7.
Primzahlen 4.
Projektive Gebilde 5.
Proportionen (Chem.) 60. 84.
86. 87.
Propylalkohol 90.
Protoplasma 103.
Protuberanzen 77.
Protyl 92.
Pseudomorphosen 106.
Pseudosphäre 75.
Psychiatrie siehe Irrenheil-
kunde.
Ptomaine 92.

Q.

Quadrate, Methode der klein-
sten 74. 76.
Quadratrix 4.
Quadratur 4.
Quarz 70. 106.
Quaternionenkalkul 74.
Quecksilber 14. 24. 36. 37.
41. 54. 59.
Quecksilberchlorid 40.
Quinta essentia 13.

R.

Radikal (Chem.) 85. 86. 88.
89. 90.
Radizieren 3.
Reaktion (Chem.) 40. 48.

Rechenbrett 3. 20.
Rechenschrift 3.
Rechenschulen 20.
Rechenwerkzeuge 30.
Rechnen 3. 20.
Reciprocitätsgesetz (Math.)
74.
Reflexion 10. 80.
Reflexionsgoniometer 104.
Reflexerscheinungen 95.
Refraktion 10.
Reguläre Körper 3.
Reibung 13.
Reihen (Math.) 4. 31. 50. 74.
Reizbarkeit 93.
Rektascension 7.
Reste (Chem.) 89.
Rezepte 25.
Rhodan 87.
Ringgebirge 33.
Röhrenlibelle 34.
Rohrzucker 58.
Rolle 13.
Rübenzuckerindustrie 92.

S.

Saft (Bot.) 47. 68. 69.
Saiten (Phys.) 11. 38.
Salpeter 14. 59.
Salpetersäure 14. 48. 59. 104.
Salmiak 14.
Salz 24. 41. 58.
Salze 18. 40. 58. 70.
Salzsäure 14. 48. 59. 89.
Sarkode 103.
Saros 6.
Sättigungskapazität 90.
Saturnring 33.
Saturntrabanten 33.
Sauerstoff 58. 59. 69. 84.
85. 87. 88.
Säule, Voltasche 56.
Säuren 40. 42. 59. 86. 88.
Schädellehre 66.
Schall 11.
Schärfe (Med.) 42.
Scheitelwinkel 3.
Schichtenlagerung (Min.) 106.
Schiesspulver 14.
Schleim (Med.) 62.
Schnecke (Math.) 31.
Schnellpresse 79.
Schraube 9. 10.
Schwefel 18. 24. 41. 59.

Schwefelantimon 40.
 Schwefelsäure 14. 48. 59.
 Schwefelwasserstoff 60.
 Schwerpunkt 9.
 Seele (Med.) 41. 61.
 Seelenleben der Tiere 67.
 Sehen 10. 11.
 Sehnensechseck 31.
 Sehnentafel 5.
 Seidenschmetterling 44.
 Seife 14. 92.
 Sekunden 5.
 Sexualität (Bot.) 69. 102. 104.
 Sicherheitslampe 86.
 Siderische Periode 8.
 Siedepunkt 37.
 Silber 13. 39. 48. 59.
 Silberlösung 48.
 Sinus 5.
 Sinuslinie 31.
 Sinusreihe 32.
 Sinustafel 6.
 Sirene 81.
 Skandium 91.
 Soda 14. 58.
 Solenoid 83.
 Solidarpathologie 42. 60.
 Solstition 8.
 Sonne 7. 51. 77.
 Sonnenfinsternis 6.
 Sonnenflecken 33. 77.
 Sonnenspektrum 81.
 Sonnensystem 77.
 Speichel 42.
 Spektralanalyse 77. 81. 91.
 Spezifisches Gewicht 9.
 Sphärik 5.
 Spiegel 10.
 Spiegelsextant 34. 55.
 Spiegelteleskop 38. 50.
 Spinnmaschinen 54.
 Spirale (Math.) 4.
 Spiraltendenz (Bot.) 101.
 Spiritismus 62.
 Sprachrohr 38.
 Stalaktiten 70.
 Star (Med.) 43.
 Stärke 14. 103.
 Statik 9. 13. 52.
 Staubfäden 67.
 Staubfiguren (Phys.) 56.
 Stein der Weisen 14.
 Steine 18. 27. 48. 70.
 Steinsalz 58.
 Stereoskop 80.

Sternkoordinaten 7.
 Sternschnuppen 76.
 Stethoskop 95.
 Sthenische Krankheiten 62.
 Stickstoff 88. 104.
 Stimolo 94.
 Stöchiometrie 60.
 Strahlenbrechung 10. 48.
 Strahltiere 98.
 Strukturlehre 85. 90.
 Substitutionstheorie (Chem.) 89.
 Sulphate 104.
 Symmetrie (Min.) 104.
 Symmetriellehre (Bot.) 101.
 Synodische Periode 8.
 Synonymik (Bot.) 26.
 Syntaxis (Astr.) 8.
 Synthese (Chem.) 88. 91.
 System (Bot.) 67. 68. 101. 103.
 System (Chem.) 91.
 System (Min.) 27. 47. 48. 70. 106.
 System (Zool.) 65. 99.

T.

Tafeln, Rudolfinische 33.
 Tangentenprobleme 31.
 Taschenuhren 23. 35.
 Technik 40. 78.
 Teerfarbstoffe 92.
 Telegraph 83.
 Telephon 81.
 Terminologie (Zool.) 65.
 Terminologie (Bot.) 45.
 Theorie, dualistische (Chem.) 84.
 Theorie, elektromagnetische 83.
 Therapie 16. 25. 42. 93.
 Thermoelektrizität 71. 82.
 Thermometer 36. 37.
 Thetafunktionen 74.
 Thonerde 58. 70.
 Tiergeographie 65.
 Tierwelt, mikroskopische 45.
 Tierkreis 6.
 Tinkturen 25.
 Titan 60.
 Titriermethode 86.
 Topf, Papinscher 37.
 Töpferwaren 14. 40.
 Torsionswage 56.
 Trägheitsgesetz 35.

Transfusion 43.
 Transversalensatz 4.
 Trichloressigsäure 88.
 Trigonometrie 5. 6. 20. 28. 29. 49.
 Tuberkelbacillus 97.
 Tüpfelgefäße 47.
 Turmalin 105.
 Typenlehre (Zool.) 97. 98.
 Typentheorie (Chem.) 85. 89.

U.

Uhren 23.
 Umdrehungsflächen 50.
 Umhüllungsflächen 50.
 Undulationstheorie 38. 80.
 Universaltheater der Tiere 43.
 Unruhe (Uhr) 35.
 Uran 60.
 Uranus 51. 76.
 Urmaterie 92.

V.

Valenz 85. 90.
 Variation (Bot.) 103.
 Variationsrechnung 31. 49.
 Venen 17.
 Venus 33.
 Veränderlichkeit der Arten 66. 100.
 Verbindung (Chem.) 39. 40.
 Verbindungsgewicht 89.
 Verbrennung 40. 41. 57. 59.
 Verdauung 42.
 Verkalkung 41. 57. 59.
 Verstopfung 61.
 Vesta 76.
 Verwandtschaft (Bot.) 45. 46.
 Verwandtschaft (Chem.) 40. 58.
 Verwandtschaft (Math.) 75.
 Verwandtschaft (Zool.) 66.
 Vitalismus 62.
 Vitriole 14.
 Vögel 27.
 Vogelkörper 98.
 Volumgesetz 84. 86.
 Vulkanismus 106.

W.

Wahlverwandtschaft (Chem.) 40.

- | | | |
|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| Wahrscheinlichkeitsrechnung 29. | Weinsäure 59. | Zahlenharmonie 9. 11. |
| Wärme 11. 36. 54. 71. 79. | Wellenbewegung 13. 84. | Zahlentheorie 29. 49. |
| Wärme, latente, spezifische 54. | (s. auch Undulation). | Zahlzeichen 2. |
| Wärmeäquivalent 80. | Wellrad 10. 13. | Zeichen (Math.) 6. 20. 29. 30. |
| Wärmeleitung 80. | Weltgebäude 7. 33. 77. | Zeichenregel 29. |
| Wasser 13. 58. 59. 79. 89. 106. | Winkelbeständigkeit (Min.) 48. | Zeichensprache (Chem.) 87. |
| Wasserbarometer 36. | Wirbeltheorie (Descartes) 35. | Zelle (Bot.) 44. 46. 47. 68. 98. 102. |
| Wasserglas 39. | Wirbeltiere 98. | Zelle (Zool.) 44. 45. 97. 98. |
| Wasserschraube 9. | Wismut 14. 48. 59. | Zellgewebe 47. |
| Wasserstoffgas 54. 58. 59. 89. | Wundbehandlung 97. | Zellinhalt 102. 103. |
| Wasserstoffsäuren 87. | Wurf 35. | Ziffern 3. |
| Wassertiere 64. | Würfelverdopplung 4. | Zinn 13. 56. 59. |
| Wasseruhr 10. | Würmer 44. | Zinnchlorid 24. |
| Wasserzersetzung 82. | Wurzeln (Math.) 21. 29. 30. | Zink 14. 59. |
| Webstuhl 53. | | Zirkonerde 60. |
| Wechselbeziehung (Zool.) 98. | | Zoographie 99. |
| Weichtiere 44. 98. | | Zootomie 27. 44. 45. 66. |
| Weingeist s. Alkohol. | | Zuchtwahl 100. |
| | | Zündstoffe 92. |
| | | Zweicylindermaschine 78. |

Z.

- Zahlen, figurierte 3.
 Zahlen, komplexe 74.
 Zahlen, rote, schwarze 29.

Inhalts-Verzeichnis.

Vorwort	III
Altertum und Mittelalter	1
1. Mathematik	2
2. Astronomie	6
3. Physik	9
4. Chemie	13
5. Medizin	15
6. Naturgeschichte	17
XV I. J a h r h u n d e r t	19
1. Mathematik	20
2. Astronomie	21
3. Physik	23
4. Chemie	23
5. Medizin	24
6. Naturgeschichte	25
XV II. J a h r h u n d e r t	28
1. Mathematik	28
2. Astronomie	32
3. Physik	34
4. Chemie	39
5. Medizin	41
6. Zoologie	43
7. Botanik	45
8. Mineralogie	47
XV III. J a h r h u n d e r t	49
1. Mathematik	49
2. Astronomie	50
3. Physik	51
4. Chemie	57
5. Medizin	60
6. Zoologie	64
7. Botanik	67
8. Mineralogie	70
XI X. J a h r h u n d e r t	73
1. Mathematik	74
2. Astronomie	76
3. Physik	77
4. Chemie	84
5. Medizin	93
6. Zoologie	97
7. Botanik	100
8. Mineralogie	104
Namenregister	108
Sachregister	113

Paul Neff Verlag in Stuttgart.

Leitfaden

für den

Anfangs-Unterricht in der Planimetrie

an

Gymnasien, Lyceen, Lateinschulen

und

verwandten Anstalten

von

G. Mahler,

Professor am Gymnasium zu Ulm.

Mit 95 Abbildungen.

Broschiert 75 Pfg., gebunden Mk. 1. —.



Leitfaden

für den

Anfangs-Unterricht in der Algebra

an

Gymnasien, Lyceen, Lateinschulen

und

verwandten Anstalten

von

G. Mahler,

Professor am Gymnasium zu Ulm.

Broschiert Mk. 1. 20, gebunden Mk. 1. 50.

Resultate zu letzterem werden nur an die Herren Lehrer und nur gegen schriftliche Bestellung abgegeben. Preis Mk. 1. 20.

Die bei der Ausarbeitung befolgten Gesichtspunkte haben die Billigung der Kgl. Oberbehörde erfahren und die betreffenden Fachlehrer bezeichneten diese Leitfaden als wirklich zweckentsprechend.

Paul Neff Verlag in Stuttgart.

Übungsstoff
für das
geometrische Zeichnen.

Bearbeitet im Auftrag der
K. Württemb. Centralstelle für Gewerbe und Handel

von

G. Müller,

Professor am Lehrer-Seminar zu Esslingen.

11. Auflage.

123 S. mit 22 lithogr. Tafeln. Gebd. Mk. 1.50.



Zeichnende Geometrie.

Bearbeitet im Auftrag der
K. Württemb. Centralstelle für Gewerbe und Handel

von

G. Müller,

Professor am Lehrer-Seminar zu Esslingen.

100 S. mit 10 lithogr. Tafeln. Gebd. Mk. 2. —.

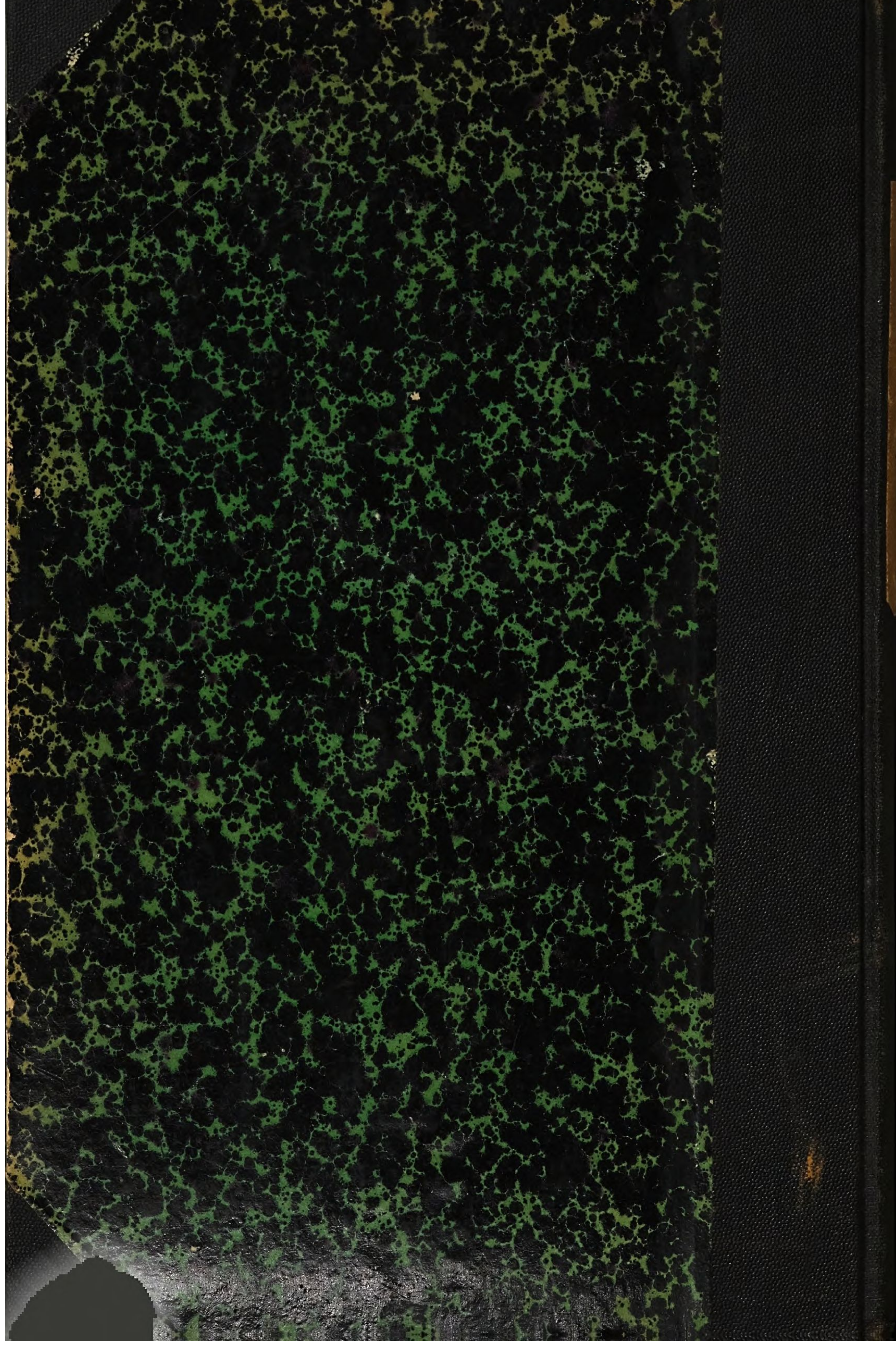
„Wir können das billige und doch reichhaltige Werkchen (Übungsstoff) jedem Lehrer des Linearzeichnens an gewerblichen Fortbildungsschulen, an Sekundar- und Realschulen aufs Wärmste empfehlen. In innigem Zusammenhange mit diesem steht die Zeichnende Geometrie desselben Verfassers. Auch hier bietet der begleitende, ebenfalls klar und schön geschriebene Text allen nur wünschbaren Aufschluss.“
Schweiz. Fortbildungsschule.

„Das handliche Büchlein (Übungsstoff) kann ebensowohl dem Lehrer als Leitfaden dienen, als dem Schüler dazu, selbständig die Zeichnungen in grösserem Masse auszuführen.“
Heidelberg. Das humanist. Gymnasium.

„Müllers Übungsstoff ist von dem Geometrie-Professor an meiner Anstalt als vorzüglich bezeichnet worden.“
Wien. C. Rainer, Direktor der öffentl. Realschule.

„In Verbindung mit der Zeichnenden Geometrie von demselben Verfasser bietet der Übungsstoff einen auf reiche Erfahrung gegründeten, sorgfältig ausgearbeiteten Lehrgang für das Linearzeichnen, dem man dort, wo die Zeit es gestattet, mit der sicheren Aussicht auf gute Resultate folgen darf. Die Wahl der Aufgaben verrät, dass der Verfasser die Aufgabe des Linearzeichnens richtig erfasst hat; die klare „Anleitung zum Zeichnen der Aufgaben“ verdient alle Anerkennung. Dem Büchlein, welches sich ausserdem durch seine Preiswürdigkeit und schöne Ausstattung auszeichnet, gebührt daher alle Anerkennung.“
Magdeburg. Zeitschrift d. Vereins deutscher Zeichenlehrer.

„Das reichhaltige, sehr sorgfältig gearbeitete und nett ausgestattete Werkchen kann dem Lehrer des geometrischen Zeichnens warm empfohlen werden.“
Olmütz. F. Bergmann i. d. Zeitschr. f. d. österr. Realschulwesen.



Jaeger, Otto

Grundzüge der Geschichte der Naturwissenschaften

Stuttgart 1897

Phys.g. 189 bm

urn:nbn:de:bvb:12-bsb11822085-1